Aus der Reichsanstalt für das deutsche Bäderwesen in Breslau
(Professor Vogt)
und dem Rheumaforschungsinstitut in Bad Elster
(Geheimrat Köhler †)

Über die Eigenschaften und Wirkungen der Moorbäder mit besonderer Berücksichtigung der Viskosität und Senklotmessungen zur Viskositätsbestimmung von Bademoorbreien mit ihren Ergebnissen.

Durchgeführt im Staatsbad Elster 1938/39

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
an einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau

vorgelegt von

cand. med. Horst Mehl
aus Kohren b. Frohburg

Breslau 1940

Referent: Prof. Dr. Vogt

Dekan: Prof. Dr. Gottron

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Breslau

Druck: Ostdeutsche Druckerei u. Verlagsanstalt, Halle (S.), Barfüßerstr. 14

Meinen lieben Eltern

Inhalt

Vorwort 7

Einführung:

Geschichtliches 9

Ausführung: 1. Teil

Allgemeine Wirkungen der Moorbäder 10

1. Die adstringierende Wirkung 10
2. Die Adsorptionswirkung 11
3. Das thermo-physikalische Verhalten der Bademoorbreie und ihre Wirkung auf den Organismus 12
4. Chemische Wirkung und Diffusion 18
5. Radioaktivität 20
6. Zusammenfassender Überblick über Teil I im besonderen Hinblick auf die Bedeutung der Viskosität des Bademoorbreies 21
7. Therapeutische Anwendungsgebiete der Bademoorbreie 23

2. Teil:

A. Das Moor

1. Entstehung von Torflagern 25
2. Torfstich, Aufbereitung und Herstellung von Bademoorbreien 27
3. Definition der „Viskosität“ 28
4. Wodurch wird die Viskosität des Bademoorbreies bedingt? 29

B. Viskositätsmessungen von Bademoorbreien und ihre Ergebnisse

1. Maßeinheit der Viskosität und Methoden zur Viskositätsbestimmung 30
2. Beschreibung des Meßapparates nach E. Freund und E. Wachtl und der Meßtechnik 33
3. Ergebnisse der Bademoorbreimessungen mit Kurvendarstellungen 35

a) Die Bademoorbreie M I bis M III 35
Vergleich der Moorbreie M I, M II und M III untereinander 41
b) Die Bademoorbreie M IV bis M VI 42
Vergleich der Moorbreie M IV, M V und M VI untereinander 48
4. Kurvendiskussion und empirisch gefundene Gleichung für die gemessenen Bademoorbreie 49
5. Ursachen der Viskositätsänderung mit besonderer Berücksichtigung des Temperatureinflusses 53
6. Zusammenfassung und Ergebnisse vorliegender Arbeit . 55

Literatur 62

Lebenslauf 64

Vorwort

Im Januar 1938 bedingten die Folgen eines schweren Unfalles bei einem Skiwettkampf der Mitteldeutschen Hochschulen ein viermonatiges Krankenlager. Meine Unterschenkelfraktur zeigte äußerst geringe Tendenz zur Kallusbildung, und die an sich durch einen Gipsverband begünstigte Muskelatrophie nahm erschreckende Ausmaße an. Als weitere Folge der langen Ruhigstellung gesellten sich der Atrophie schmerzhafte Bewegungseinschränkungen des Knie- und oberen Sprunggelenkes zu, die noch 10 Monate nach meinem Unfall das Gehen an zwei Stöcken bedingten. Eine vierwöchige Moorbadekur im Staatsbad Elster unterstützte die allmählich beginnende Besserung vortrefflich, indem sich die Atrophie durch Moorbäder und Packungen sowie Massagen zusehends zurückbildete. Vielfältige und ausgewählte Zandermöglichkeiten im Kurmittelhaus Bad Elster verhalfen der Gelenkmobilisation zu schönen Erfolgen. Herr Geheimrat Prof. Dr. Köhler, Bad Elster, nahm sich meiner während meines Kuraufenthaltes in besonderer Weise an und förderte gemeinsam mit Herrn Dr. Sorgenfrei, Bad Elster, mein Interesse für Moorbadekuren. Es ist mir eine aufrichtige Verpflichtung, Herrn Geheimrat Prof. Köhler für seine Anregung und Themenstellung vorliegender Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen. Für die Förderung und bereitwillige Unterstützung im Fortgang der Arbeit bin ich Herrn Dr. Sorgenfrei zu großem Dank verpflichtet. Herrn Oberregierungsrat Paul und der Badedirektion des Staatsbades Elster gebührt an dieser Stelle mein aufrichtigster Dank für die bereitwillige und großzügige Bereitstellung der Mittel zur Durchführung dieser Arbeit. Eine Patientin der Staatlichen Rheumaanstalt, Bad Elster, Frl. Berlinghof, zeichnete sämtliche Abbildungen, wofür ihr mein besonderer Dank gebührt.

Leipzig, im Dezember 1939.

Horst Mehl.

Einführung

Geschichtliches

Seit altersher ist die Heilwirkung von Thermal- und Schlammbädern bekannt, wogegen Moorbäder erst in neuerer Zeit zur Anwendung gelangten. So wurden 1815 in Marienbad die ersten Moorbäder verabreicht; 1827 folgte Franzensbad und daraufhin eine weitere Anzahl Moorbäder, die im Laufe der Entwicklung bis heute immer mehr an Bedeutung gewannen. Überhaupt war die Balneologie Jahrtausende lang allein auf reine Empirie begründet, und erst jetzt lernte man durch systematisch durchgeführte chemische und physikalische Untersuchungen die therapeutische Wirkungsweise, speziell der Bademoorbreie kennen. Die Balneologie auf naturwissenschaftlicher Basis ist in erster Entwicklung begriffen, und es gilt noch vieles zu klären, was eine Gesamtschau über die therapeutische Wirkungsweise der Heilbäder, ganz besonders diejenige der Moorbäder, letzten Endes ermöglicht. „Eine endgültige Aufklärung der Heilwirkung des Moorbades ist zwar bis zum heutigen Tage nicht gelungen, doch war es möglich, an Hand systematischer Untersuchungen bestimmte charakteristische Eigenschaften aufzufinden, die mit seiner Heilwirkung in Zusammenhang gebracht werden können[1])."

Die Viskosität des Bademediums ist eine dieser charakteristischen Eigenschaften, von der die Heilwirkung des Moorbades in vielerlei Hinsicht abhängig zu sein scheint; deshalb ist es notwendig, die Konsistenz des Badebreies zu kennen, in der er zu therapeutischen Zwecken verabreicht wird, und die Dichte des Badebreies zahlenmäßig zu erfassen.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Eigenschaften und Wirkungen von Moorbädern mit besonderer Berücksichtigung

der Viskosität, die in diesem Zusammenhang als einer der wichtigsten Wirkungsfaktoren anzusehen ist, und mit der Messung der Viskosität mittels eines von E. Freund und E. Wachtl, Wien, angegebenen Senklotapparates sowie den Ergebnissen, die bei diesen Messungen erzielt wurden. Bevor aber auf die Messungen selbst eingegangen werden soll, halte ich es für wichtig, einiges über die Wirkungen der Moorbäder allgemein und den besonderen Einfluß der Konsistenz eines Badebreies auf die Heilwirkung zu sagen.

Ausführung: I. Teil

Allgemeine Wirkungen der Moorbäder

Gegen Ende des letzten Jahrhunderts begannen Cartellieri[2]) (1852), G. Loimann (1898) und Helmkampff (1903) mit wissenschaftlichen Methoden die Wirkungsweise des Moorbades zu erforschen. Man war lange genug der Ansicht, daß hier hauptsächlich chemische Vorgänge für den Erfolg einer Moorbadekur ausschlaggebend seien, und die physikalische Wirkung im Hintergrund stehen sollte. Diese Anschauung mußte auf Grund neuerer Arbeiten[3]) insofern geändert werden, als man heute der Ansicht ist, daß beim Moorbad die physikalische Wirkung die ausschlaggebende Rolle spielt und erst an zweiter Stelle die chemische Wirkung steht. „Aber darin stimmen alle Autoren überein, daß die wesentliche Wirkung der Schlammpackungen und -Bäder auf physikalische Eigenschaften zurückzuführen ist[4])."

Von den bekanntesten Wirkungen des Moorbades auf den menschlichen Organismus seien im folgenden einige angeführt.

1. Die adstringierende Wirkung.

Unter der adstringierenden Wirkung des Moorbades versteht man nach Schade[5]) die Schrumpfung der Haut, die dadurch zustande kommt, daß die im Moorbrei enthaltenen Huminsäuren mit den Eiweißstoffen der Haut eine unlösliche Verbindung eingehen, wobei die Poren geöffnet werden, die Schweiß-

drüsen infolge der größeren Wärmeapplikation durch den erhitzten Badebrei in erhöhtem Maße sezernieren, „während gleichzeitig hierdurch (Eiweiß- und Huminsäureverbindung der Haut) einer normalerweise beim Moorbad eintretenden Quellung entgegengewirkt wird[1];“ denn gemäß der Angaben von Schade[5]) verursachen sämtliche Säuren eine erhebliche Quellung des Bindegewebes. Die Adstringentien — in diesem Falle der Moorbrei — wirken also in der Weise, daß sie der Haut eine festere und derbere Beschaffenheit geben, sowie auch Humusazitoide nach Angaben von Benade[8]) im Sinne einer Umkehrung des Ladungssinnes der Haut eine Veränderung der Hautstruktur derart bewirken können, daß die durch den Moorbrei positiv aufgeladene Haut nur noch für Anionen durchgängig ist. Souci[2]) weist darauf hin, daß es nicht unwahrscheinlich ist, „daß die adstringierende Wirkung der Huminsäure beim Moorbad in einem gewissen Zusammenhang mit ihrer Flockbarkeit steht.“ Zudem fördert die Zugabe von säure- und salzhaltigen Quellwässern zu Bademoorbreien die Koagulation der im Solzustand befindlichen Huminsäuren durch eine Änderung des elektrokinetischen Potentials der Kolloidteilchen, was eine Viskositätszunahme des Badebreies bedingt, die gerade erzielt werden soll, wie aus den weiteren Ausführungen hervorgehen wird.

2. Die Adsorptionswirkung.

Unter Adsorption versteht man die Aufnahme von Stoffen in die Oberflächenschichten anderer. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß Kolloide auf Grund ihrer sehr großen Oberfläche eine ausgesprochene Adsorptionswirkung zeigen. Auch Bademoorbreie verfügen über ein beträchtliches Adsorptionsvermögen, weil sich bereits im Torf die „Huminsäuren fast völlig im Zustand eines äußerst stark gequollenen Hydrogels von sehr hohem Wassergehalt[7])“ befinden.

Durch die relativ hohe Temperatur des Moorbreies wird neben anderen nervösen Reizen auf den Organismus bekanntlich eine Erweiterung der Kapillaren — Rötung der Haut! — und damit eine gesteigerte Durchblutung der Körperoberfläche gewährleistet, wodurch wiederum ein vermehrter Antransport

sezernierbarer Stoffe durch die Hyperämie erzielt wird. Die Hydrogele des Badebreies saugen ihrerseits auf Grund ihrer großen Oberfläche und damit ihres sehr hohen Adsorptionsvermögens die Sekretionsprodukte der Drüsen fließend ab und schaffen damit ein Konzentrationsgefälle vom Blut zum Badebrei. Doch wird nicht allein mittels des gesteigerten Antransportes sezernierbarer Stoffe mit dem Blut und der Saugwirkung der im Badebrei enthaltenen Hydrogele eine regelrechte Ausschüttung des Körpers von sezernierbaren Stoffen erzeugt, sondern die Saugwirkung der Gele setzt dauernd erneute Sekretionsreize, was zu einer allgemeinen Sekretionsbeschleunigung beiträgt, und den Organismus zu höchster Arbeitsleistung zwingt. Auch die Tatsache, daß der Kolloidzustand der Huminsäuren die Oberflächenspannung[9]) des Bademediums herabsetzt und damit die Benetzbarkeit des Körpers mit dem Moorbrei steigert, läßt gar noch eine Erhöhung der Adsorptionswirkung des Bademoores offenbar werden.

3. Das thermo-physikalische Verhalten der Bademoorbreie und ihre Wirkung auf den Organismus.

Wie schon anfangs betont wurde, weisen die Ergebnisse neuerer Mooruntersuchungen in bezug auf die Wirkung der Moorbreie mehr und mehr auf die physikalischen Komponenten hin, auf die im folgenden näher eingegangen werden soll.

Als wichtigste Wirkungskomponente wird in der gesamten Literatur der Wärmeapplikation der größte Wert beigemessen. So bezeichnet Wehefritz[10]) die Wärmehaltung des Moorbreies als den wichtigsten Heilfaktor; denn wenn schon die Wärme allein als wirksamster Heilfaktor angesehen werden muß, ist es von ausschlaggebender Bedeutung, daß das Bademedium möglichst lange Zeit gleichmäßig auf der therapeutisch günstigsten Temperaturstufe erhalten bleibt und gegebenenfalls gegen Ende des Bades gar eine Verkühlung des anfangs erhitzten Körpers verursacht, was dem erwünschten Ziel nicht nur widersprechen würde, sondern auch für den Organismus eine erhebliche Schädigung bedeuten könnte. Vor allem sind die geringe Leitfähigkeit des Moorbreies, die in anderer Hinsicht von außer-

ordentlicher Bedeutung ist, und die Trägheit der Wärmeübertragung, die sog. Wärmekonvektion (vgl. Indifferenzpunkt), die durch die hohe Konsistenz des Moorbreies bedingt sind, als die ausschlaggebenden Faktoren anzusprechen, die eine gleichmäßige, langdauernde Wärmehaltung des Badebreies ermöglichen. Zu letzterer trägt noch die große Wärmespeicherungsfähigkeit des Moorbreies bei. Zwar ist die Wärmestrahlung bei Moorbreien als dunklen Medien relativ groß, da jedoch mehr die Oberflächen Wärme abstrahlen und die Wärmekonvektion nach den Oberflächen hin fast gleich Null gesetzt werden kann, darf man praktisch die Temperatur in dem Bereich des Badebreies, in dem sich der Patient befindet, als längere Zeit gleichbleibend ansprechen. Infolgedessen ist der relativ großen Wärmestrahlung praktisch kaum eine Bedeutung zuzumessen.

Wenn eine gleichmäßige und dichte Konsistenz der Badebreie Voraussetzung für eine gute Wärmehaltung ist, muß solchen Peloiden der Vorzug bei der Bereitung von Badebreien gegeben werden, die eine möglichst gleichmäßige und hohe Viskosität besitzen. Diese Voraussetzung ist gewährleistet vor allem bei solchen Torfmooren, die einen hohen Zersetzungs- und Aufteilungsgrad, sowie einen großen Gehalt an organischen Substanzen aufzuweisen haben, und mit Wasser versetzt, zu einer fast homogenen Masse werden[11]). Um die Viskosität, die bei der Wirkung des Badebreies in vielfältiger Weise eine nicht zu unterschätzende Stelle einnimmt, zwecks besserer Wärmehaltung des Badebreies noch zu erhöhen, gibt man dem Torfmoor möglichst heißes Wasser bei, da die Viskosität durch hohe Temperaturen weiter gesteigert werden kann, wie später dargelegt und bewiesen werden soll.

Die in einem idealen Bademoorbrei enthaltene Wärme wird dem Organismus fast ausschließlich durch die Haut appliziert, die „in vielfältiger Weise in das System balneologischer Reaktionen als Vermittler eingeschaltet ist[12])". Die erheblich kleinere Oberfläche der an das Bademedium grenzenden Schleimhäute spielt hierbei nur eine untergeordnete Rolle und kann bedenkenlos vernachlässigt werden. Die Haut reagiert auf die verschiedensten balneologischen Reize, indem sie diese „in Form

physikalischer, chemischer, nervöser und endokriner Impulse an das Innere des Organismus weitergibt[12])". Nach Ebbecke, Lewis und Bornstein sollen bei Wärmewirkung auf die Haut histaminähnliche Stoffe aus den Zellen der Epidermis und Cutis austreten, die die Kapillaren und Arteriolen zur Erweiterung bringen, und damit eine Hyperämie der gereizten Hautbezirke verursachen. Einen Beweis für die gesteigerte örtliche Durchblutung hat Laudis[18]) durch Mikropunktion der Kapillaren und Venen damit erbringen können, indem er feststellte, „daß im heißen Teilbad der Druck im arteriellen Schenkel bis auf das vierfache erhöht sein kann[23])". Das warme Bademedium reizt jedoch auch die sensiblen Nervenendorgane der Haut und damit den Parasympathicus, der den Reiz mit der Ausschüttung des „Vagusstoffes", einem mit Acetylcholin identischen oder verwandten Stoff, beantwortet. Dieser fein abgestimmte Chemismus wickelt sich im Moorbad infolge des gesetzten Hautreizes in verstärktem Maße ab, besteht aber auch ohne daß die Haut einem besonderen Reiz ausgesetzt wird physiologischerweise, wie Ottenstein und Boehm[13]) nachgewiesen haben. Nach Arbeiten von Benatt[14]), Stahl[15]) und Glaser[16]) hat aber die Erweiterung der Hautgefäße nicht nur lokale Wirkungen zur Folge: Steigerung des Stoffwechsels und vermehrte Drüsentätigkeit, sondern jede Hyperämisierung der Haut wird durch Erhöhung des Vagustonus mit einer Blutdrucksenkung beantwortet, die jedoch sogleich wieder durch ausgiebige Entleerung der Blutdepots (Leber, Milz, tiefe Venenplexus usw.) ausgeglichen wird. Wenn die Erhöhung des Vagustonus nach Harpuder[17]) einen bedeutenden Einfluß auf den Purinstoffwechsel ausübt und außerdem den Blutzuckerspiegel senkt, sind hierin die Gründe der guten Erfolge von Moorbadekuren bei Gichtkranken und Diabetikern [vgl. Kühnau[21])] zu suchen. Wie Kühnau feststellt, bewirken Schwitzbadprozeduren — und eine solche ist das Moorbad ebenfalls — gesteigerte Inkretion der Schilddrüse und der Nebennieren sowie Herabsetzung der Tätigkeit des Pankreas, woraus die Folgerung zu ziehen ist, „daß der thermische Hautreiz nicht nur auf direktem Weg über das vegetative System, sondern auch durch Beeinflussung des

endokrinen Apparates in den Stoffwechsel eingreift[12]). Hierauf werden vermutlich ebenfalls die guten Erfolge der Moorbehandlung bei gynäkologischen Störungen endokrinen Ursprungs zurückzuführen sein. Die Frage, inwieweit die Ansichten von Harpuder und Kühnau über die Tätigkeit des Pankreas tatsächliche oder nur scheinbare Gegensätze sind, kann hier nicht gelöst werden.

Die vorangehenden Ausführungen demonstrieren den ungeheuren Reiz, den die Wärme über die Haut dem Organismus vermittelt; es erscheint daher angezeigt, möglichst große Wärmemengen dem Körper zuzuführen, ohne daß der Wärmereiz zu groß wird, und das Gegenteil der oben beschriebenen Folgen des physiologischen Wärmereizes auf die Haut erzeugt. Auch hier erweist sich der Bademoorbrei zur Applikation größerer Wärmemengen als außerordentlich günstig, da der Indifferenzpunkt des Moorbreies infolge der Anwesenheit einer großen Anzahl gequollener kolloidaler Bestandteile, die nur eine sehr geringe Wärmekonvektion zulassen, im Gegensatz zum Wasserbad relativ hoch liegt. Um ein Beispiel zu gebrauchen: ein Moorbad von ca. 37° Celsius wird ebenso warm empfunden wie ein Wasserbad von 34° Celsius. Die Tatsache, daß der Indifferenzpunkt bei Peloiden relativ hoch liegt, hat man sich folgendermaßen zu erklären: beim Eintauchen des Körpers in einen Moorbrei umgibt das Bademedium den Körper mit einer dünnen Isolierschicht, die sich schnell der Hauttemperatur angleicht. Infolge der außerordentlich trägen Wärmekonvektion wird das Temperaturgefälle zwischen umgebendem, heißen Moorbrei und körperwarmer Isolierschicht nur sehr langsam aber konstant ausgeglichen und durch den Wegfall der Wasserverdunstung im Organismus eine Wärmestauung erzeugt. Aus diesen Gründen kann auch ein Moorextraktbad niemals einen gleichwertigen Ersatz für ein Torfmoorbad bieten.

Als weiterer physikalischer Wirkungsfaktor müssen die Druckverhältnisse im Moorbrei entsprechend gewürdigt werden; denn sie stellen Herz, Gefäße und Atmung durch die veränderten Druckverhältnisse im Abdomen und Thorax vor un-

gewöhnte Aufgaben. Wenn schon Schott vom gewöhnlichen Wasserbad als einer „Turnstunde des Herzens“ spricht, muß dieser Vergleich wohl mit noch größerer Berechtigung für ein Moorbad in Anspruch genommen werden können. „Turnstunde“ bedeutet in diesem Sinne eine Mehrleistung des Herzens im physiologischen Leistungsbereich, die aus einer erhöhten Druck- und Volumenleistung im Moorbad resultiert. Wie Gollwitzer-Meier[19]) zu berichten weiß, steigert bereits ein warmes Süßwasserbad infolge der mechanischen Hautreizung und besseren Durchblutung den Auswurf des Herzens um 100 bis 300%. Um wieviel größer müssen diese Werte dann im Moorbad sein! Leider sind nur Angaben über die Zunahme der zirkulierenden Blutmenge im warmen Wasserbad bekannt, jedoch dürfte die Zunahme der zirkulierenden Blutmenge im Moorbad kaum größer sein als im Wasserbad. Für letztere gibt Wollheim[20]) die Werte um 250 bis 1300 ccm an.

Zwar lastet im Moorbad ein größerer Druck auf dem Körper und damit auf den Gefäßen, deren Durchgängigkeit mit Volumenverkleinerung durch Außendruck erschwert ist, doch vermag ein gesundes Herz diese zusätzliche Belastung durch vermehrte Schlagfrequenz und größeres Schlagvolumen auszugleichen. Der erhöhte Außendruck im Moorbad erzeugt in den Extremitäten gleichsam eine konstante Massage des venösen Blutes, das vermittels der gesteigerten Herztätigkeit dauernd durch arterielles ersetzt wird. Auch hier erweist sich die größere Viskosität des Bademediums bezüglich der besseren Durchblutungsmöglichkeit der tieferen Muskelpartien, die durch einen gewissen Auftrieb noch begünstigt wird, als therapeutisch am wirksamsten. Infolge des vergrößerten hydrostatischen Außendruckes im Moorbad steigt der intraabdominelle Druck um etwa 18 cm H_2O und der intrathorakale um etwa 5 cm H_2O. Diese Druckerhöhung wirkt sich für die Leibeshöhlen dahin aus, daß der Blutausfluß aus den Eingeweidevenen begünstigt und der Einfluß des venösen Blutes der Extremitäten erschwert wird. Der intrathorakale Druck verringert die Blutversorgung der Coronargefäße, fördert aber um so mehr die systolische Leistung des Herzens. Außerdem bewirkt der intrathorakale Druck eine Änderung des Blut-

und Luftgehaltes der Lunge, wobei die Reserveluft durch Auspressen stark vermindert wird und die respiratorische Mittellage zwischen In- und Exspiration beträchtlich gesenkt ist. Ein Beispiel aus dem richtungweisenden Buche von Souci, Chemie des Moores[2]), soll abschließend die Druckverhältnisse im Moorbad zahlenmäßig belegen, woraus hervorgeht, daß ein Moorbad vom spez. Gewicht 1,30 und 40 cm Höhe denselben Bodendruck erzeugt, wie ein Wasserbad von 52 cm Höhe.

Aus der durch die veränderten Druckverhältnisse erschwerten Herzaktion ergibt sich für herzkranke Patienten ohne weiteres eine Kontraindikation für Vollmoorbäder. Für Teilmoorbäder bestehen für Patienten mit Herzinsuffizienz wohl kaum Bedenken.

Ein physikalisches Gesetz besagt über das Gewicht eines Körpers in einem flüssigen Medium, daß jeder Körper soviel an Gewicht verliert, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt. Dieser Gewichtsverlust wird Auftrieb genannt und findet im Moorbad eine spezielle Anwendung. Für den menschlichen Körper im Moorbad ist eine Kraft von etwa 34 kg errechnet worden, die überwunden werden muß, um den Körper unter dem Flüssigkeitsniveau halten zu können, wobei die hohe Viskosität und der nicht in das Bademedium eingetauchte Kopf ein ungefähres Gegengewicht gegen den Auftrieb darstellen. Dem auf der Körperoberfläche lastenden hydrostatischen Druck wirkt in der Tiefe der Auftrieb entgegen, der eine Lockerung der Muskelschichten mit sich bringt und damit günstigere Durchblutungsmöglichkeiten schafft, die außerdem durch die größere Herzaktion in diesem Sinne noch gesteigert werden. Da der hydrostatische Druck die oberflächlichen Venen gleichsam dauernd ausmassiert, werden dem Kreislauf insgesamt durch die Wechselbeziehungen: Hydrostatischer Druck — Auftrieb günstigere Durchströmungsbedingungen geboten, die in ihrer Gesamtheit eine sehr gute Durchblutung aller Körperteile ermöglichen und damit einen der bedeutendsten Heilungsfaktoren, wenn nicht überhaupt das heilungsfördernde Prinzip des Moorbades darstellen.

4. Chemische Wirkung und Diffusion.

Wie bereits einleitend betont wurde, ist zu Beginn der systematischen Untersuchungen über Bademoorbreie deren chemische Wirkung bei weitem überschätzt worden. Der Vollständigkeit halber darf aber die chemische Wirkungsweise hier nicht unerwähnt bleiben. Wie bei der thermo-physikalischen Wirkung ist auch hier wieder die Haut der Vermittler balneologischer Reize, an der sich chemische Reaktionen und Diffusionsvorgänge in geringem Ausmaß abspielen. Es muß festgestellt werden, daß die Schleimhaut weit günstiger für gelöste chemische Substanzen des Moorbreies durchgängig ist, daß jedoch ihre Berührungsfläche mit dem Badebrei so klein ist, daß die Wirkung chemischer Substanzen auf die Schleimhaut praktisch vernachlässigt werden kann. Die Haut, die den menschlichen Körper in einer Fläche von etwa 1,50 qcm bedeckt, bietet eine weit ausgedehntere Angriffsfläche für chemische Reaktionen und Diffusionsvorgänge. Sie „wirkt wie ein einheitlich saurer Eiweißkörper und hat seinen isoelektrischen Punkt bei $p_H = 3{,}7$[2])". Während sich die Haut für Kationen semipermeabel erweist, werden Anionen aus dem Bademedium adsorbiert. Ein Teil der chemischen Hautwirkung in Moorbädern wird auf die Abwanderung von Ionen zurückgeführt, was durch die elektrische Ladung der Moorpartikelchen ermöglicht ist; denn bei der Berührung zweier Körper werden deren Grenzflächen entgegengesetzt geladen. So führen nach Schazillo „die Moorbäder zu einer therapeutisch sehr beachtlichen Ionenverschiebung, die schon im Bereich der allgemeinen Badereaktion einsetzt und im wesentlichen auf Wiederherstellung des durch Krankheit gestörten Ionengleichgewichts gerichtet ist[10])". Da dieses Phänomen auf der Reibungselektrizität beruht, kann eine möglichst hohe Viskosität des Moorbreies in diesem Sinne nur einen therapeutisch günstigen Einfluß ausüben. Bei der adstringierenden Wirkung des Moorbreies wurde bereits erwähnt, daß Humusazitoide der Haut eine andere Struktur durch Ladungsumkehr verleihen können. Die durch das Bademoor positiv aufgeladene Haut ist dann nur noch für Anionen durchgängig. Da nun Badebreie eine verhältnismäßig hohe Vis-

kosität besitzen, ist einmal die Bewegung chemischer Substanzen innerhalb des Breies erschwert und andererseits die mit der Haut in Kontakt tretende Moormasse zu gering, um chemische Wirkungen größeren Ausmaßes zustande kommen zu lassen, obschon die adstringierenden Stoffe des Bademediums mit gewissen Hauteiweißen feste Verbindungen eingehen. Dieser Wirkung analog wäre die Quellung des Bindegewebes durch sämtliche Säuren des Badebreies, auf die schon an anderer Stelle eingegangen wurde. Auch die Bildung gefäßaktiver Stoffe wurde bereits ausführlich bei der Thermalwirkung der Badebreie besprochen.

Ein eigenartiger Bestandteil der Moore sind die bisher unbeachtet gebliebenen Tokokinine, pflanzliche Wirkstoffe vom Charakter des Follikelhormons. Aschheim und Hohlweg wiesen 1933 im Franzensbader Moor östrogene, das sind brunsterregende Stoffe, nach. Ob die Beeinflussung der Sexualsphäre, die als Moorwirkung genügend bekannt ist, durch diese hormonähnlichen Stoffe durch Vermittlung der Haut erzielt wird, möchte ich bezweifeln; denn vermutlich werden diese meist thermolabilen Substanzen durch die Zugabe heißen Wassers bei der Bademoorbereitung zerstört, und andererseits ist es sehr fraglich, ob diese Wirkstoffe durch die Haut überhaupt resorbiert werden können. Eher möchte ich der oben dargelegten Ansicht beipflichten, daß die innersekretorischen Zustandsänderungen auf thermo-physikalischen Wirkungen des Badebreies beruhen, die Drüsen also direkt durch Hyperämie zu intensiverer Inkretion befähigt werden. Wie auch Souci[6]) berichtet, diffundieren nur lipoid- und wasserlösliche Stoffe sowie lipoid-unlösliche Mineralien und deren Verbindungen wie Ba, Ra, Sulfide, Jodide und Arsenite, Ferro- und Mangano-Salze durch die Haut. Allerdings enthält nicht jedes Bademoor diese chemischen Substanzen. Ihr Gehalt in den einzelnen Mooren ist vielmehr durch deren geologische Entstehung bedingt. Genaue Kenntnisse über die Wirkung der angeführten chemischen Elemente und deren Verbindungen, sowie deren weiteren Verhalten im Organismus vermittelt die einschlägige Literatur zur Zeit noch nicht. Diese Fragestellung dürfte auch deshalb von untergeordneter Bedeu-

tung sein, da die Resorption körperfremder Stoffe verhältnismäßig als gering bezeichnet werden muß; denn von der intakten Haut werden nur lipoid- und wasserlösliche Substanzen in nennenswertem Ausmaß resorbiert, wobei die Wärme des Bademediums durch Hyperämisierung der Haut die Resorption genannter Stoffe noch beschleunigt.

Wie Untersuchungen von Gildemeister[10]), Ebbecke und Rein gezeigt haben, wird elektrisch durchströmte lebende Haut für Ionen anorganischer Lösungen durchgängig. Die Voraussetzung der elektrischen Durchströmung ist aber nur für eine Spezialmoorbadeart gegeben, die in vorliegender Arbeit nicht weiter erörtert werden soll. Abschließend darf die antibakterielle Eigenschaft besonders der sauren Eisenvitriolmoore nicht unerwähnt bleiben, die durch Schaffung ungünstiger Lebensbedingungen für pathogene Keime den Organismus in seiner Abwehrreaktion unterstützt.

5. Radioaktivität.

Im Gegensatz zu Thermalschlammen- und Heilerdeaufschwemmungen aus Eruptivgesteinen enthalten Biolithe und Moorbreie normalerweise keine radioaktiven und thoriumhaltigen Elemente, es sei denn, daß das Torflager, dessen Moorerde zu Badezwecken verwendet wird, von Gewässern gespeist wird, die radioaktives oder thoriumhaltiges Gestein mit sich führen, oder Badebreie mit radioaktiven Quellwässern zubereitet werden. Die Frage, ob die von Natur aus radioaktiven und thoriumhaltigen oder künstlich mit diesen Wirkstoffen versetzten Bademoorbreie durch direkte Bestrahlung, Diffusion durch die Haut, oder Aktivierung der im Moorbrei enthaltenen Stoffe eventuell Heilerfolge zeitigen, ist bis jetzt noch nicht geklärt. Ja, es ist sogar fraglich, ob die genannten Elemente im Moorbrei mengenmäßig imstande sind, überhaupt eine therapeutische Wirkung zu entfalten. Wie so viele Fragen über die therapeutische Moorbadewirkung konnte auch diese, eine der schwierigsten Fragestellungen, bis heute noch nicht befriedigend beantwortet werden.

6. Zusammenfassender Überblick über Teil I im besonderen Hinblick auf die Bedeutung der Viskosität[22]) des Bademoorbreies.

Die im Moorbrei vorhandenen Huminsäuren gehen mit den Eiweißen der Haut eine feste Verbindung ein, die der Quellung der Haut durch Säuren des Badebreies entgegenwirkt. Die Flockbarkeit der Huminsäure durch Zugabe von sauren oder salzhaltigen Quellwässern wirkt im Sinne einer Viskositätszunahme des Badebreies, die ihrerseits wieder das thermophysikalische Verhalten begünstigt. Humusacitoide bewirken eine Änderung des Ladungssinnes der Haut und machen letztere für Anionen durchgängig. Die Kolloide des Badebreies adsorbieren vermöge ihrer großen Oberfläche sehr gut die Sekretionsprodukte der Haut. Als Sekretionsreiz für die Haut gelten die Temperatur des Bademediums und das hohe Adsorptionsvermögen der kolloidalen Moorbestandteile, was für den gesamten Körper ein Anreiz zur Ausschüttung aller durch die Haut sezernierbaren Stoffe bedeutet. Die Erfolge der Moortherapie weisen immer wieder auf die physikalischen Wirkungen hin, speziell auf die Wärmehaltung, die geringe Leitfähigkeit und die Trägheit der Wärmekonvektion, die fast ausschließlich durch die große Viskosität des Moorbreies gewährleistet sind. Hohe, für Badezwecke günstige Viskositätsverhältnisse werden in idealster Weise geschaffen, wenn zur Zubereitung der Badebreie vor allem Torfmoore mit großem Gehalt organischer Bestandteile Verwendung finden, die sich in einem möglichst fortgeschrittenen Zersetzungszustand befinden. Aus eigener Erfahrung muß ich bestätigen, daß mit diesen Mooren eine beachtliche Homogenität der Bademasse erreicht werden kann. Wie die Ergebnisse nachfolgender Untersuchungen zeigen, kann die Viskosität der Bademasse durch Zugabe heißen Wassers beträchtlich erhöht werden.

Wiederum ist es der Wärmereiz auf die Haut, der die Impulse auf das Innere des Organismus erzeugt, indem die Haut hyperämisiert und die sensiblen Nervenendigungsorgane zur Ausschüttung des „Vagusstoffes“ veranlaßt werden. So kann

man von einer regelrechten Tiefenwirkung auf die inneren Organe durch die applizierte Wärmemenge sprechen. Dabei lenkt zweifellos am meisten die Behebung der „inkretorischen Insuffizienzen" das Augenmerk des Beobachters auf sich. Von besonderer Bedeutung erweist sich eine möglichst hohe Viskosität bei der Applikation größerer Wärmemengen, die außerdem durch einen günstigen Indifferenzpunkt des Moorbreies noch therapeutisch idealere Verhältnisse schafft. Welch ausschlaggebende Bedeutung die Viskosität des Bademoorbreies hinsichtlich der Druckänderungen im Organismus zukommt, wurde bei der Besprechung der physikalischen Wirkungen eingehend erörtert. Nicht genug kann auf die Gefahr der Moorbäder bei Patienten mit Herzinsuffizienzen hingewiesen werden; denn die veränderten Druckverhältnisse können zusammen mit der Wärmeapplikation eine so durchgreifende Kreislaufumstellung erzeugen, daß die dadurch erforderliche Mehrleistung des an sich schon kranken Herzens nicht bewältigt werden kann. Andererseits bedeuten Moorvollbäder für Patienten, deren Herz dieser Zusatzleistung ungeschädigt fähig ist, die erfolgreichste therapeutische Wirkung. Der Auftrieb im Moorbad, unterstützt durch die Auflockerung der Muskulatur die therapeutische Wirksamkeit, belastet aber das Herz insofern noch mehr, indem es ausgedehntere Körperpartien mit Blut zu versorgen hat.

Von der chemischen Wirkung und der Diffusion einzelner im Moorbrei enthaltener Stoffe durch die Haut in den Körper muß zusammenfassend gesagt werden, daß diese Vorgänge früher überschätzt wurden, und diese Ansicht im Verlaufe der Untersuchungen über die Moorwirkungen nur mehr bestätigt wurde. Es ergab sich vielmehr, daß elektrische Ladungsverschiebungen durch Ionenabwanderung von der Haut, also elektrochemische Vorgänge, an der Moorbadewirkung mitbeteiligt sein können. Auch das Phänomen der Grenzflächen gewinnt durch hohe Viskositätswerte des Badebreies an Wirksamkeit, dagegen wird mit zunehmender innerer Reibung der Antransport chemischer Substanzen an den Patienten erschwert. Denselben ungünstigen Faktoren unterliegen die östrogenen Stoffe, deren Wirksamkeit

beim Moorbad noch nicht erwiesen ist. Über das „Ob“ und „Wie“ der Wirksamkeit radioaktiver Elemente im Moorbad kann zur Zeit noch nichts Maßgebendes gesagt werden.

7. Therapeutische Anwendungsgebiete der Bademoorbreie[24]).

Auf Grund der vorangegangenen Darlegung über die Wirkungsweise der Bademoorbreie ist es leicht möglich, sich die Anwendungsgebiete abzuleiten. Die Erörterung dieser Frage erfordert lediglich neben dem Wissen um den Vorgang krankhafter Erscheinungen die Kenntnis der Wirkungsfaktoren des Moorbreies und die physiologischen Reaktionen des Körpers auf die applizierten Reize. Bei der großen Gruppe der rheumatischen Erkrankungen wird die bedeutende Schmerzlinderung hervorgehoben, die sicher auf den Wärmereiz, die Ablenkung des Schmerzes von bestimmten Stellen durch andere von außen her einwirkende Reize des Moorbreies und nicht zuletzt auf die bessere Durchblutung des Gewebes zurückzuführen ist. Bei exsudativen Gallengewebsentzündungen und Bursitiden werden Linderung der Schmerzen und baldige Heilung durch den wesentlich beschleunigten Ablauf des Entzündungsprozesses und schnellste Resorption von Exsudaten gewährleistet. Eitrige Herde werden schnell gereinigt. Bei Arthrosis deformans, chronischer Infektpolyarthritis und Gicht wirken ebenfalls die Wärmeapplikation und die Umstimmung des hormonalen Stimulus schmerzlindernd und heilungsfördernd. Neben der Beseitigung fokaler Herde bei Ischias, Neuralgien und Lumbago werden Moorbadekuren seit langem mit Erfolg durchgeführt. Muskelatrophien können schnell durch die günstigeren Durchblutungsverhältnisse beseitigt werden, ganz besonders dann, wenn an das Moorbad eine sinngemäße Massage angeschlossen wird. Eine bekannte Tatsache ist, daß sich lange Zeit fixierte und versteifte Gelenke unter Einwirkung heißer Bäder oder Moorbäder leicht und verhältnismäßig schmerzlos remobilisieren lassen. In ähnlicher Weise beseitigen Moorbadekuren erstaunlich schnell Operationsrückstände wie Adhäsionen oder schmerzhafte Verklebungen, die durch die Wundheilung zustande gekommen sind. Konstitutionell bedingte Adipositas wird unter erheblichen

Wasserausschwemmungen aus allen Körperteilen zwar nicht geheilt, wohl aber erfolgreich bekämpft. Ebenso erscheinen Moorhalbbäder und Moorvollbäder bei leichten Herzkrankheiten angezeigt, um das Herz durch allmähliche Leistungssteigerung zu seinem anfänglichen Leistungsniveau bringen zu können. Dazu sind jedoch dauernde und gründliche Beobachtungen des Herzens und Kreislaufsystems unbedingt erforderlich. Durch Moorbäder günstig beeinflußbar sind Atherosklerosen und Endangiitis obliterans insofern, als der beschwerdebringende Ausbruch der Erkrankung zumindest um einige Zeit verzögert werden kann. Zustände nach Thrombophlebitis sind mit großer Vorsicht, aber oft gutem Erfolg einer Moorbadekur zuzuführen. Eindeutig liegt die Heilwirkung des Moorbades bei Ulcera cruris auf der Hand. Auf der Beeinflussung innersekretorischer Drüsen beruhen die Erfolge bei manchen gynäkologischen Erkrankungen, beim Diabetes mellitus und manchen Erkrankungen des Nervensystems wie Multiple Sklerose. Ob Erkrankungen des Knochenmarkes durch Bademoorkuren erfolgreich beeinflußt werden können, ist noch fraglich. Eine wichtige und wirksame Prozedur nach dem Moorbade ist das sog. „Nachschwitzen". Hierbei sezernieren die Schweißdrüsen die schweißfähigen Stoffe, die mit der Hyperämisierung dem Hautgewebe zugeführt wurden und mengenmäßig während der Badezeit nicht ausgeschieden werden konnten. Auf diese Weise entledigt sich der Körper der stofflichen Überladungen des Blutes und der Gewebe, wie aus den Befunden der nephritischen Urämie bekannt ist. Analog der nephritischen Urämie beteiligen sich die Schweißdrüsen an der Bekämpfung der gesamten Gruppe der Allgemeinerkrankungen und der grippalen Infekte.

II. Teil

A. Das Moor

1. Entstehung von Torflagern.

Torflager entstehen vorwiegend in geologischen Senken, in denen sich weite, flache Seen ausdehnen, die zu Versandung und Verwachsung neigen. Die stehenden Gewässer verlanden derart, daß vom Ufer her eine üppige Vegetation feuchtigkeitliebender Pflanzen in jahrzehnte- oder jahrhundertelangem Wachstum der tiefsten Stelle des Gewässers zustrebt. Eine Pflanzengeneration nach der anderen versinkt, und immer und immer bauen sich erneut auf den Resten der alten junge Sumpfpflanzenreiche auf. Moose, Wollgras, Heidekraut, Moorkiefern und Gestrüpp besiedeln schließlich den feuchtigkeitsgetränkten Boden, der sich nach der Mitte zu aus der Ebene uhrglasförmig emporwölben kann. In diesem Falle spricht man von einem Hochmoor. Im Verlaufe geologischer Zeiten entstehen an tiefliegenden Stellen der Erdoberfläche durch Senkung des Niveaus oder Steigen des Grundwasserspiegels sog. Grundwassermoore. Ähnlich sind die ausgedehnten Moore Norddeutschlands zur Zeit der Litorinasenkung entstanden. Auch in Gletscherrinnen können zwischen abgeschmolzener Gletscherzunge und vorgelagerter Endmoräne Schmelzwassertümpel zu Mooren verlanden, wie dies zur Zeit der Versandung der eiszeitlichen Urstromtäler geschah und noch heute in kleinem Ausmaß in den Alpen vielerorts beobachtet werden kann. Damit sind jedoch die Entstehungsmöglichkeiten von Torflagern nicht erschöpft. Moore können sich z. B. auch an abhängigen Flächen und in Quellgebieten ausbreiten. Man spricht dann von Gehänge- und Quellenmooren. Flachmoore, Zwischenmoore und Hochmoore unterscheiden sich durch ihre Form und pflanzliche Zusammensetzung. Während Flachmoore

durch üppige Vegetation feuchtigkeitliebender Pflanzen und Zwischenmoore oder Waldmoore durch einen gewissen Holzreichtum charakterisiert sind, zeichnen sich Hochmoore durch armselige Moose aus. Bei der Verlandung von stehenden Gewässern spielen sich folgende Prozesse hintereinander und parallel laufend ab:

1. Die Verwesung unter Mitbeteiligung von Luftsauerstoff, Wasser und Bakterien.
2. Die Fäulnis (Saprofikation), eine weitergehende Zersetzung organischer Substanzen in alkalischem Milieu.
3. Die Vertorfung als Bindeglied zwischen Fäulnis und Vermoderung.
4. Die Vermoderung unter geringer Beteiligung des Luftsauerstoffes.
5. Die Humifikation, das Stadium der „Vererdung" mit Anreicherung des Bodens an Säuren.

Je nach der Entstehungsweise und dem Ort können den Torflagern zusätzliche anorganische Substanzen beigemengt sein. So entstehen beispielsweise Mineralmoore dadurch, daß sie mit salzhaltigen Wässern durchtränkt werden, die beim Verdunsten die salzigen Rückstände im Moor belassen. Säuerlinge lassen mit ihrem Wasser $CaHCO_3$ und $MgHCO_3$, die im Moor zu unlöslichen Carbonaten werden, in das Torflager gelangen, wo sich organische und anorganische Bestandteile zu Kalktorfen vereinigen. Zusätze von Eisenvitriol wie in den Lagerstätten von Soos bei Franzensbad lassen die sauren Salze und freie Schwefelsäure enthaltenden Eisenvitriolmoore entstehen. Weiterhin können Moore verwitterte und sedimentierte Gesteinstrümmer in Form von Lehm, Ton und Kaolin enthalten, die durch Eisenoxyd braungelbe Färbung aufweisen können. Bitterquellen führen den Moorlagern $MgSO_4$ und Eisenquellen $FeSO_4$ zu. Die anorganischen Beimengungen können dementsprechend außerordentlich vielgestaltig sein und auch als leicht entzündliche Verbindungen (H_2S-Irrlichter) aus den Torflagern wieder entweichen.

Hinsichtlich ihrer Entstehung aus organischen und anorganischen Substanzen und deren Zersetzungsprodukten können Moore folgende Stoffe enthalten: Pektine, die vermutliche Muttersubstanz des Lignins, pflanzliche Eiweiße, Zucker, Stärke, peptisierte Humussäuren und Phlobaphene als Oxydationsstufen der Gerbsäure, organische Schwefelverbindungen (Schwefelmoore), Ameisensäure, Essigsäure, Harze, Bitumen, aus dem sich östrogene Stoffe isolieren lassen, und andere organische Beimengungen. Stockfisch und Benade[4]) weisen ausdrücklich auf die Entstehung der Moore hin, da deren therapeutische Wirksamkeit in direktem Verhältnis zu ihrem Gehalt an organischen und anorganischen Substanzen steht.

2. Torfstich, Aufbereitung und Herstellung von Bademoorbreien.

Zur Gewinnung des Torfes wird die sich meist über das Torflager ausbreitende Grasnarbe entfernt und die braunschwarze, mit feinsten Wurzelfasern durchwachsene feuchte bis nasse Torfmasse abgestochen, von größeren Holzteilen befreit und zur Lufttrocknung auf Halden gelagert, ohne dabei nach Angaben von K. Stockfisch und Benade[25]) irgendwelche Wirkungen beim Quellen vor der Badezubereitung zu verlieren. Doch muß die vollständige Austrocknung des Torfes verhindert werden; denn völlig getrocknete Torfe sind nicht wieder quellbar, also nicht mehr reversibel. Bei einer Aufschwemmung im Wasser würde das trockene Moor nach kurzer Zeit schon eine deutliche Trennung zwischen Wasser und der wie Sand zu Boden gesunkenen Moormasse zeigen, während noch luftfeuchtes Moor seine natürliche Quellungsfähigkeit erhalten hat und in der Aufschwemmung über Monate hinaus keine Trennung zustande kommt. Die Lagerung bezeichnet man als Reifung, weil sich während der Lagerungszeit Zustandsänderungen des Torfes vollziehen. Der Torf durchlüftet und nimmt dabei allmählich an Feuchtigkeit ab. Während der Lagerung an der Luft vollziehen sich Oxydationen an der Torfmasse. Das Ausfrieren ist ebenfalls ein Teilverfahren zur Reifung des Torfes, das die Voraussetzung zur Lösung vieler Stoffe im Moorbad schaffen soll;

denn nur gelöste Stoffe sind im Bade chemisch wirksam. Vor dem Versetzen des Torfes mit heißem Quellwasser in großen Bottichen wird die Trockensubstanz zerkleinert und gesiebt. In den Bottichen verbleibt der Moorbrei möglichst lange, bis die Quellungsfähigkeit des Breies ihr Maximum erreicht hat. Die Temperatur des in eine Moorwanne abgelassenen badefertigen Moorbreies wird mit dem Thermometer, die Viskosität nur erfahrungs- und gefühlsmäßig überprüft. Eine gleichbleibende Viskosität der verschiedenen Bäder kann auf diese Weise nicht erreicht werden.

3. Definition der „Viskosität".

In den vorliegenden Ausführungen fand der Ausdruck „Viskosität" für Zähigkeit, innere Reibung, Klebrigkeit oder Konsistenz Verwendung, ohne ihn bisher genau definiert zu haben, was an dieser Stelle nachgeholt werden soll.

Bewegt man einen festen Körper in einer Flüssigkeit oder einer dickflüssigen Masse, so bleibt die Berührungsschicht an dem festen Körper haften und gleitet nicht an ihm vorbei. „Man sagt: Die äußere Reibung ist unendlich groß[26])." Wenn aber der Körper trotz der festanhaftenden Berührungsschicht sich in dem Medium bewegen läßt, müssen einzelne Schichten des Mediums aneinander vorbeigleiten. Zum Unterschied der „äußeren Reibung" nennt man die letztere „innere Reibung" oder Viskosität. Anders ausgedrückt ist „Viskosität" die Kraft, welche die Bewegungen der Flüssigkeitsteilchen aneinander vorbei verlangsamt. Genauer ist Viskosität definiert durch die Größe η als die Kraft, die der Bewegung einer Flüssigkeitsschicht von einem qcm entgegenwirkt, wenn sie sich mit der Geschwindigkeit 1 im Abstande 1 vor einer ruhenden Schicht parallel vorbei bewegt. η wird also in Grammgewicht für 1 qcm und das Geschwindigkeitsgefälle angegeben. Entsprechend der Angaben von Hintzelmann und O. Lapke[27]) gilt die mit dem Senklot gewonnene Kraft in Gramm ausgedrückt als Maß der Konsistenz. Definitionsgemäß bezeichnet man den Zustand einer Masse als viskös, wenn sie sich weder in flüssigem noch in plastischem Zustand befindet.

4. Wodurch wird die Viskosität des Bademoorbreies bedingt?

Gehen wir von der Zubereitung des Badebreies aus, so stellten wir fest, daß der annähernd lufttrockenen Torfmasse etwa 25% Wasser mehr als bis zu ihrer Wasserkapazität beigegeben werden muß, um eine für Badezwecke geeignete Konsistenz des Badebreies zu erzielen. Um eine möglichst hohe Konsistenz durch Quellung[28]) ermöglichen zu können, gibt man vorteilhaft säure- oder salzhaltige Quellwässer zu. Unter Quellung versteht man die Volumenzunahme eines homogenen, festen Körpers unter Wasseraufnahme. Dieser Vorgang ist reversibel, da sich bei der Quellung die Moleküle voneinander entfernen und der gegenseitige Zusammenhang (= Kohäsion) gelockert wird. Bei der Quellung findet also keine chemische Reaktion statt, sondern nur ein reversibler, physikalischer Vorgang.

Einmal ist eine gewisse Konsistenz des Badebreies schon durch das Verhältnis Torf zu Wasser gegeben, zum anderen erhöht die Bindung eines Teiles des zugegebenen Wassers an das Moor die Viskosität der Bademasse, wobei die saure Reaktion des Moores (p_H 4—5) eine Voraussetzung für die Aufnahme größerer Wassermengen darstellt, indem sie eine optimale Hydratation der Huminsäuren bewirkt. W. Ostwald unterscheidet folgende Bindungsweisen des Wassers an die übrigen Bestandteile des Moores:

1. Okklusionswasser (Schwamm- und Wabenwasser in Hohlräumen).
2. Kapillarwasser (in offenen oder geschlossenen Kapillarräumen).
3. Kolloidwasser — Hydratationswasser — (gebunden an Huminsäure-Zellulose- und andere Gele).
4. Osmotisch gebundenes Wasser (in Pflanzenzellen, die noch intakt sind).
5. Chemisch gebundenes Wasser (Konstitutionswasser, Kristallwasser).

Mittels dieser Wasserbindungsmöglichkeiten wird die Konsistenz des Badebreies ganz beträchtlich erhöht. Die Viskosität wird außerdem durch die anfänglich eintretende Flockung der Huminsäuren vermehrt, welche die zugesetzten säure- und salzhaltigen Quellwasser verursachen. Die Änderung des elektrokinetischen Potentials der kolloiden Teilchen auf Grund der anwesenden Salze und Säuren erweist sich als Koagulation der Huminsäuresole. Um einen guten Quellungszustand des Moores zu erhalten, ist es erforderlich, daß der gelagerte Torf in seinem Feuchtigkeitsgehalt etwa gleichmäßig erhalten wird. N. Hintzelmann und O. Lappke[29]) weisen auf die Zunahme der Konsistenz bei höheren Temperaturen hin, auf die in dieser Arbeit noch eingegangen werden soll, wenngleich die innere Reibung mit steigender Temperatur abnimmt. Dieser äußerlich scheinbare Widerspruch kann mit der Überlegung abgewiesen werden, daß die durch die Temperatur bedingte Quellung des Badebreies die Senkung der inneren Reibung überwiegt, die im Sinne einer Viskositätsverminderung wirkt. Die Begünstigung der Quellung bei höheren Temperaturen kommt dadurch zustande, daß das zwischen den Substanzteilen befindliche Porenwasser fester an die Moorteilchen als Kapillarwasser gebunden wird.

B. Viskositätsmessungen von Bademoorbreien und ihre Ergebnisse.

1. Maßeinheit der Viskosität und Methoden zur Viskositätsbestimmung.

Je zähflüssiger und steifer eine Masse ist, desto „höher" geben wir seine Viskosität an. Im physikalischen Maßsystem gilt für die Viskosität η die Dimension:

$$\eta = [cm^{-1} \cdot g \cdot sec^{-1}],$$

im technischen Maßsystem ist

$$\eta = 981\ [cm^{-2} \cdot g \cdot sec].$$

Die Bezeichnung für die Viskositätseinheit ist eine „Poise". Unter Fluidität versteht man den reziproken Wert von η. Der

Quotient aus den Zähigkeitsgraden einer Flüssigkeit und des Wassers wird als spezifische Zähigkeit bezeichnet. Sie ist also:

$$\eta_{sp} = \frac{\eta \text{ fl}}{\eta H_2O.}$$

Bisher sind in der Literatur[30]) eine beträchtliche Anzahl Methoden zur Viskositätsmessung bituminöser Stoffe angegeben und auch praktisch durchgeführt worden. Ein großer Teil dieser Meßapparate beruht auf dem gleichen Prinzip, wobei die Kraft gemessen wird, die erforderlich ist, einen Körper in eine bituminöse Masse eindringen zu lassen oder ihn herauszuziehen. Beim Skalen-Aräometer taucht eine Spindel in die zu messende Masse ein. Teilstriche auf der Spindel geben das spez. Gewicht in Baumé-Graden an. Die Messung der Viskosität mit der Westphal'schen Waage geschieht derart, daß sich ein Senklot, das an einer Waage aufgehängt ist, durch Auflegen von Gegengewichten einspielt, und die Dichte aus dem aufgelegten Gewicht abgelesen wird. Die Rumannsche Waage ist nur eine geringe Abänderung der Westphal'schen Waage. Hoepfner[31]) mißt bei seinen Untersuchungen die Penetration nach dem Prinzip des Skalen-Aräometers. Für Bademoorbreie haben diese Messungsmethoden höchstens theoretischen Wert, lassen sich aber wegen der besonderen Beschaffenheit des Moorbreies für diesen nicht anwenden. Auch das Pyknometer ist m. E. für Moormessungen ungeeignet. Es stellt ein Gefäß mit genau bekanntem Fassungsvermögen dar. Das bestimmte Volumen der betreffenden Flüssigkeit wird gewogen, wobei man wohl für andere bituminöse Stoffe brauchbare Werte erzielen mag, für Moorbreie jedoch nicht. Steiner[32]) hat die Viskositätsänderung durch die verschieden große Steigzeit einer Luftblase gemessen. Auch diese Methode kann für Moorbreie keine Anwendung finden, weil die Viskosität des Badebreies einmal zu groß ist, um dem Druck einer Gasblase nachzugeben, und zum anderen die Blase ja in dem dunkelbraun-schwärzlichen Schlamm nicht beobachtet werden kann. Ein Verfahren zur Bestimmung der Viskosität von Schlacken nach K. A. Pohle[33]) ist ebenfalls für Moorbreie nicht anwendbar. Auch ist das Ausflußprinzip zur Viskositätsmessung von Bademoorbreien wenig geeignet, wie es K. Scheel[34]) beschreibt,

wobei die Zähigkeit in Engler-Graden angegeben wird. Der Grund für die Unbrauchbarkeit dieses Apparates für Moore ergibt sich aus der etwas wechselnden Konsistenz des Moorbreies, der feinste Wurzelfäserchen, kleine Holzstücke, Pflanzenreste usw. enthält, so daß er keine völlig homogene Masse darstellt wie etwa ein „glatt verrührter" Kuchenteig. Ebensowenig ist die Methode zur Messung der Viskosität von Siemens-Martin-Schlacken für Moorbreie geeignet, die Diepschlag und Buchholz[35]) angeben, wie Viskositätsbestimmungen nach der Kapillar- oder Rotationsmethode für Bademoorbreie nicht geeignet sein können. Für Moorzwecke wäre der Zugapparat von Tammann[30]) eher erfolgreich anzuwenden, wobei ein Stab in dem zu messenden bituminösen Medium nach oben gezogen wird. Die eigene Erfahrung zeigte aber, daß eine kleine Kugel oder gar ein Stab, die im Moorbrei durch Übergewicht emporgehoben werden, sehr ungenaue Zeitwerte geben, die bei jeder Messung unter gleichen Bedingungen immer kleiner werden; denn diese Objekte drängen beim Hub in der Moormasse die festeren Partikelchen beiseite, während die wasserhaltigeren Bestandteile desselben Moorbreies schnell an deren Stelle fließen. Dabei wird ein „Hubkanal" gebildet, in dem eine geringere Viskosität besteht als für die gesamte Moormasse entspricht. Eine bisher noch nicht diskutierte Möglichkeit ist das Abrutschverfahren des Moorbreies auf einer schiefen Ebene mittels einer Glasplatte. Auch diese Methode mußte nach einigen eigenen unbefriedigenden Versuchen als für Moorbreie nicht geeignet wieder aufgegeben werden. Wie die Prüfung der bisher angegebenen Methoden zu Viskositätsbestimmungen zeigt, sind fast alle mehr oder weniger für Badebreie ungeeignet. In bezug auf die Möglichkeit erfolgreicher Durchführung und die Einfachheit des Verfahrens muß das von E. Freund und E. Wachtl[36]) angegebene Senklot am geeignetsten für Bademoorbreie gelten. Ich habe mich deshalb auf Grund der Sichtung und Prüfung der angegebenen Meßapparate und Methoden entschlossen, die Viskositätsmessungen von Bademoorbreien mit dem Senklotapparat von E. Freund und E. Wachtl durchzuführen. Unser Interesse soll zunächst der kurzen Beschreibung des Meßapparates gelten.

2. *Beschreibung des Meßapparates nach E. Freund und E. Wachtl und der Meßtechnik.*

Bei meinen Messungen der Bademoorbreie M I—III, die im folgenden näher charakterisiert werden sollen, benutzte ich den von E. Freund und E. Wachtl angegebenen Senklotapparat. Durch Gewichtsauflage auf eine Waagschale wurde durch das Übergewicht eine Kugel im Moorbrei um 10 cm gehoben. Ich stellte die „Hubzeit" mit der Stoppuhr fest, die bei den verschiedenen Gewichtsauflagerungen benötigt wurde und fand mit der graphischen Darstellung eine Kurve, die in einer nachfolgenden Besprechung diskutiert werden soll. Jedoch hatte das genannte Senklot einige Nachteile, wie sich bei der Durchführung der Messungen herausstellte.

1. bestand von vornherein kein Gleichgewicht zwischen Kugel und Waagschale; denn die Kugel wog 97 g und die Waagschale 66 g. Legte ich z. B. ein Gewicht von 60 g auf, so war dieses Gewicht nicht das Übergewicht, sondern es mußte erst das Gleichgewicht (Differenz: 97 g — 66 g = 31 g) durch 31 g hergestellt werden, die von dem aufgelegten Gewicht abgezogen werden mußten. Also hatte ich praktisch ein Übergewicht von 60 g — 31 g = 29 g aufgelegt. Diese Umrechnung ist bei den Ergebnissen der Moorbreie M I—M III erforderlich, um sie mit den Ergebnissen der Moorbreie M IV—M VI vergleichen zu können. In meinen Tabellen führe ich die wirklich aufgelegten Gewichte an, mache jedoch nochmals darauf aufmerksam, daß von den Gewichtswerten der Moorbreie M I—M III immer 31 g abgezogen werden müssen, um vom Gleichgewichtszustand zwischen Senklot und Waagschale ausgehen zu können, wie das bei den Messungen der Moorbreie M IV—M VI geschah.

2. war die Fehlermöglichkeit der Zeitmessung bei der kurzen Hubhöhe von 10 cm eine bedeutend größere als sie es bei einer größeren Hubhöhe sein würde; denn die Zeit konnte mit der Stoppuhr vom Beginn des Hubes bis

zum Aufschlag der Waagschale auf eine horizontale Platte nur in Sekunden und zehntel Sekunden gemessen werden.

3. ließ die Größe des Meßapparates keine Viskositätsmessungen in dem zum Bade fertig bereiteten Moorbrei in den Moorwannen zu, sondern ich mußte einen Moorbottich von Wassereimergröße zu den Messungen der Moorbreie M I—M III benutzen. Wie sich im Vergleich zu den Werten der Moorbreie M IV—M VI ergab, entsprachen die ersteren Ergebnisse nur teilweise denen eines badefertigen Moorbreies in der Moorwanne.

Da ich aber größten Wert auf die Viskositäts- und Druckverhältnisse in der Moorwanne legte, konnte dieser Apparat meinen Anforderungen nicht genügen; denn die Bedingungen im Moorbottich entsprachen nicht denjenigen der Moorwanne, denen der Körper des Patienten in einem Vollmoorbad ausgesetzt. ist. Dies bestätigen auch die Vergleiche der Moore M I—M III und M IV—M VI. Wenn auch das Prinzip der Viskositätsmessungen nach E. Freund und E. Wachtl m. E. nach das einzig geeignete für diese Untersuchungen ist, so erforderten meine Messungen, die keine Laboratoriumsversuche waren, sondern den gegebenen Bedingungen eines Vollmoorbades weitmöglichst Rechnung tragen sollten, einen größeren Meßapparat. Dieser wurde mir dank des außerordentlichen Entgegenkommens der Badedirektion des Staatsbades Elster eigens zu meinen Zwecken angefertigt (vgl. Abb. 1).

Ein senkrechter, etwa 2 m hoher Balken, der auf einer massiven Grundplatte befestigt ist, trägt einen kleineren horizontalen Balken, an dessen Enden sich eingekerbte Räderchen befinden, über die mit möglichst geringer Reibung ein Faden läuft. An dem Faden ist ein tropfenförmiges 1 kg schweres Bleigewicht (L) befestigt, das in den Moorbrei eintaucht. Als Gegengewicht dient zur Herstellung eine gleich schwere Waagschale (P), auf die verschiedene Gewichte aufgesetzt werden konnten. Ich setzte die Waagschale P mit den verschiedenen Gewichten auf eine obere Schale (S_1), an deren horizontalem Träger eine Auslösvorrichtung (A) das schnelle Herunterklappen

der Schale S_1 ermöglichte und dadurch das plötzliche Übergewicht der Waagschale, das Senklot L in dem Moorbrei zu heben vermochte. Noch ehe der tropfenförmige Körper, der die ungünstigen Faktoren weitmöglichst ausschalten sollte, die sich bei der Kugel des Apparates von E. Freund und E. Wachtl an den Ergebnissen beobachten ließen, die Oberfläche des Moorbreies erreichte, schlug die Schale P mit den aufgesetzten Gewichten auf eine Schale S_2 auf. Der Abstand der Schalen S_1 und S_2 betrug 50 cm; also mußte das Senklot L eine Strecke von 50 cm im Moorbrei durchlaufen. Die Laufzeit konnte bei dieser etwas größeren Strecke unter geringeren Fehlerquellen ziemlich genau bestimmt werden. Die bei den Moorbreien M IV bis M VI angegebenen Gewichtsgrößen sind die absoluten Übergewichte und müssen deshalb nicht wie bei M I—M III umgerechnet werden, da von vornherein Gleichgewicht zwischen Tropfenlot und Waagschale bestand. Außerdem behinderten die größeren und festeren Bestandteile, wie Holzstücke, Zusammenballungen von Moorerde und Wurzelfilze, die Messungen kaum merklich, auf jeden Fall nicht in dem Maße wie bei dem kleineren Apparat. Es ließ sich aber trotzdem nicht verhindern, daß sich auch hier ein kaum merklicher „Hubkanal" beim Heben des Lotes bildete, wie an anderer Stelle schon gesagt wurde. Dem ließ sich dadurch Abhilfe schaffen, daß der Moorbrei nach jeder Messung gründlich umgerührt wurde. Abschließend möchte ich nicht unerwähnt lassen, daß diese Meßmethode zwar verhältnismäßig ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann, daß es aber doch immerhin einer Anzahl Vormessungen bedurfte, um die Technik zu erlernen und dadurch die technischen und individuellen Fehlerquellen auf ein möglichstes Mindestmaß zu beschränken.

3. Ergebnisse der Bademoorbreimessungen mit Kurvendarstellungen.

a) Die Bademoorbreie M I—M III.

In der Beschreibung der Meßapparate und Meßtechnik wurde bereits gesagt, daß die Bademoorbreie M I—M III mit

dem von E. Freund und E. Wachtl angegebenen Senklotapparat durchgeführt wurden, wobei die Hubhöhe des Lotes 10 cm betrug. Zwischen Lot und Waagschale bestand eine Gewichtsdifferenz von 31 g.

α) Bademoorbrei M I vom 17. 10. 38.

Die erste Messung des Moorbreies M I wurde bei einer Anfangstemperatur von 38,5° C durchgeführt, die im Verlaufe der Messungen um einige Grade sank, da die Moormasse nicht sehr groß war und zur Vermeidung des „Hubkanals" und Steckenbleiben des Senklotes durch mitgezogene Wurzelfasern und gröbere Moorpartikelchen nach jeder Lotung gründlich durchgerührt werden mußte. Bei einer Gewichtsauflagerung von 75 g auf die Waagschale hob sich das Lot kaum und blieb schließlich in der Bademasse stecken. Schon die Gewichtserhöhung um 5 g, also auf insgesamt 80 g ergab einen Durchschnittswert der Hubzeit von 13,6 Sek. Hierbei soll die Tatsache betont werden, die für alle erhaltenen Messungswerte sämtlicher Bademoorbreie Gültigkeit besitzt, daß die angegebenen Hubzeiten bei der jeweiligen Gewichtsauflagerung Durchschnittswerte von mindestens 10, manchmal sogar 15 nacheinander folgenden Messungen sind; d. h., der Wert 13,6 Sek. von M I bei 80 g wurde dadurch gefunden, daß die Zeiten von 10 aufeinanderfolgenden Messungen mit 80 g gestoppt wurden, von denen dann der Mittelwert errechnet wurde. So nur konnten genaue Werte für jedes Gewicht gefunden werden, wie die graphischen Darstellungen zeigen. Daraus geht hervor, daß für zehn Durchschnittswerte über hundert Messungen erforderlich waren, die etwa 4—5 Stunden Arbeit bedeuteten.

Einen Überblick über die gewonnenen Durchnittswerte der ersten Messungserfolge des Moores M I vermittelt die Zusammenstellung auf Seite 37.

Im Verlaufe des Textes werden die gemessenen Bademoorbreie mit M I—M VI, die Messungsfolgen des einzelnen Breies mit 1, 2, 3 usw. bezeichnet. Diese Messungsfolge wiederholte ich am nächsten Tag unter denselben Bedingungen, nur daß der

Gewicht in g	Zeit in Sek.
75	∞
80	13,6
85	6,4
90	3,1
95	2,3
100	1,8
105	1,4

Badebrei in den verflossenen 24 Stunden sich mit 16° C der Zimmertemperatur angeglichen hatte. Wasserverdunstung aus dem Badebrei verhinderte ich durch Auflegen eines gutschließenden Deckels. Leider sind mir die Wassergehalts- und Trockensubstanzwerte von M I nicht bekannt. Wie aber aus den Ergebnissen eindeutig hervorgeht, mußten beträchtlich größere Gewichte aufgelegt werden als am Vortage, um gleiche Hubzeiten zu erzielen. Die Viskosität des Moorbreies mußte also größer geworden sein, ohne daß Wasserverdunstung stattgefunden hatte, wie bereits beim Umrühren des Badebreies zu Beginn der zweiten Messungsfolge gefühlsmäßig festzustellen war. Allerdings läßt sich eine geringe Verdampfung bei frischbereitetem warmen Moorbrei während der Messungen nicht ganz vermeiden. Viskositätsänderungen im entgegengesetzten Sinne wie von der 1. zur 2. Messungsfolge konnte ich von der 2. zur 3. Messung beobachten. Die Viskosität von M I mußte also vom ersten zum zweiten Tag größer geworden sein, und vom zweiten zum dritten Messungstag wieder abgenommen haben, doch erreichten die Werte der dritten Messungsfolge nicht diejenigen der ersten. Auch bei allen anderen von mir gemessenen Badebreien konnte die anfängliche Viskositätserhöhung über mehrere Tage hinaus beobachtet und zahlenmäßig festgelegt werden, während nach verschieden großen Zeitabschnitten der dauernden Viskositätserhöhung ein allmählicher Umschlag der Viskositätswerte in Richtung einer Viskositätsverminderung erfolgte, die aber niemals wieder den ursprünglichen, niedrigen Anfangswert erreichte.

Einen Gesamtüberblick über drei Messungsfolgen an drei aufeinander folgenden Tagen vermittelt folgende Zusammenstellung:

Gewicht in g	Zeit in Sekunden		
	1. Messung	2. Messung	3. Messung
75	∞		
80	13,6		
85	6,4		∞
90	3,1		151,0
95	2,3	∞	16,1
100	1,8	25,2	7,5
105	1,4	9,0	4,5
110		4,7	2,6
115		3,0	1,8
120		2,1	1,3
125		1,5	1,0
130			0,8

Obenstehende drei Messungsreihen beweisen schon deutlich das Gesagte. Die graphische Darstellung zeigt noch viel klarer diese Zusammenhänge.

Zur graphischen Darstellung der gefundenen Messungsreihen und ihrer Zusammenhänge untereinander wählte ich das rechtwinklige Achsenkreuz, auf dessen Abszisse p das Gewicht in g und auf der Ordinate t die Zeit in Sek. abgetragen wurden. Die gefundenen Werte ergaben eine Kurve, die in ihrem oberen Bereich ein großes Stück fast parallel der Ordinate verläuft, im mittleren unteren Teil eine vermehrte Krümmung zeigt, und deren Endabschnitt sich einer Parallele zur Abszisse in einem gewissen Abstand zu nähern scheint. Alle Messungsfolgen der untersuchten Bademoorbreie zeigen diesen typischen Kurvenverlauf, wobei die einzelnen Kurven untereinander bis auf geringe Abweichungen in den Endabschnitten parallel laufen. Die Viskositätsänderung desselben Moorbreies im Verlaufe einiger Tage drückt sich in dem Abstand der Kurven voneinander aus. Diese Darstellung ermöglicht ebenfalls einen Viskositätsvergleich verschiedener Moorbreie, was letzten Endes erreicht werden soll.

Mit diesem Verfahren ist eine praktische und verhältnismäßig einfach durchführbare Methode zur Überprüfung der Viskositätsverhältnisse von Moorbädern gegeben, wobei nach Hintzelmann und O. Lappke[27]) die zur Bewegung des Senklotes erforderliche Kraft in Gramm ausgedrückt als Maß der Viskosität gilt. Die graphische Darstellung der obigen Zusammenstellung von drei Messungsfolgen des Bademoorbreies M I ergibt das in Abb. 2 wiedergegebene Bild. Dabei ist die Reihenfolge der Kurven, die aus Abb. 3 hervorgeht und für alle weiteren Darstellungen Gültigkeit besitzt, zu beachten.

β) Bademoorbrei M II vom 20. 10. 38.

Bei diesem Bademoor handelt es sich um einen Brei von äußerst geringer Viskosität, die mit der Konsistenz einer „Wassersuppe" verglichen werden mag. Der Wassergehalt von M II wurde mit 83,6%, die Trockensubstanz mit 16,4% und die Anfangstemperatur mit 41° C bestimmt. Die Messungen wurden genau so wie bei M I durchgeführt und ergaben in der ersten Messungsfolge auf Grund der außerordentlichen Dünnflüssigkeit nur zwei Werte, da es mit der Stoppuhr nicht möglich war, genaue Zeitmessungen unter 0,5 Sek. durchzuführen, wenn gleichzeitig die Apparatur bedient werden mußte; denn bei dem Apparat von E. Freund und E. Wachtl macht die schnelle Auslösung der Zugkraft der aufgelegten Gewichte einige Schwierigkeiten. Nach 24stündigem Stehenlassen ergaben sich schon bedeutend höhere Viskositätswerte. Wie Abb. 4 zeigt, hatte die Konsistenz bereits mit dem zweiten Messungstag ihren Höchstwert erreicht. Die dritte Messung erfolgte zu einer Zeit, in der M II die größte Konsistenz überschritten hatte und eine Konsistenzverminderung im Gange war. Die beginnende Konsistenzverminderung findet in der fast völligen Überdeckung der Kurven vom zweiten und dritten Messungstage ihren Ausdruck. Es ist mir im Verlaufe künftiger Messungen niemals wieder gelungen, einen so schönen Grenzfall zu fixieren. Abschließend sei über M II gesagt, daß ein solcher Moorbrei mit derartig geringer Viskosität für therapeutische Zwecke wenig geeignet ist, wie aus den vorangehenden Erörterungen zu schließen ist.

γ) Bademoorbrei M III vom 21. 10. 38.

Der Badebrei M III nimmt hinsichtlich seiner Viskosität eine Mittelstellung zwischen M I und M II ein. Sein Gehalt an Wasser beträgt 80,8%, der an Trockensubstanz 19,2%. Mit Beginn der Messungen zeigte das Moorthermometer 30° C. Auch hier zeigt die graphische Darstellung der gemessenen Werte in Abb. 5 dieselben Verhältnisse wie bei den beiden bisher beschriebenen Badebreien. Die erste Messungsfolge ergibt eine Kurve von verhältnismäßig niedrigen Viskositätswerten. Die zweite Kurve beweist durch ihren Verlauf rechts der ersten und dritten, daß in 24 Stunden die Konsistenz an Größe zugenommen hat, während sie am dritten Tag einen kleinen Verlust erleidet, jedoch nicht so groß, daß die relativ niedrigen Werte der ersten Messung erreicht werden. Die gefundenen Werte sind in folgender Übersicht zusammengestellt:

Gewicht in g	Zeit in Sekunden		
	1. Messung	2. Messung	3. Messung
55	72,0		
60	49,7		∞
65	19,4	∞	54,8
70	9,2	53,8	38,0
75	5,8	18,8	17,7
80	3,8	10,1	8,0
85	2,2	6,0	5,0
90	1,5	3,9	3,0
95	1,0	2,9	2,1
100	0,8	2,1	1,6
105		1,4	1,1
110		1,1	0,9

Bei der Besprechung des Badebreies M I machte ich darauf aufmerksam, daß die gemessenen Zeiten Durchschnittswerte von mindestens 10, sogar öfter von 15 Zeitwerten mit derselben Gewichtsauflagerung sind. Über die Genauigkeit bzw. Fehlerbreite der Zeitwerte gibt Abb. 6 Auskunft. Hier sind jeweils

die größten und niedrigsten Zeitwerte für die entsprechenden Gewichte eingetragen und so zu Kurven ausgezogen, daß die Punkte der höchsten und niedrigsten Zeiten verbunden wurden. Dadurch entstehen zwei Kurven, eine Maximal- und eine Minimalkurve, die zusammen als Schlauchkurve den Kurvenverlauf der errechneten Mittelwerte für M III_3 als Resultante einschließt. Die Darstellung veranschaulicht, wie groß die Differenzen bei größeren Messungszeiten, also im oberen Abschnitt der Kurve sind und wie bei der Abnahme der Meßzeiten diese Differenzen ebenfalls geringer werden, was durch die Verschmälerung des unteren Kurvenschlauchabschnittes dokumentiert wird. Sie beweist aber außerdem die verhältnismäßig große Genauigkeit der gefundenen Durchschnittswerte, die in dem gleichmäßigen Kurvenverlauf zum Ausdruck kommt; denn man muß sich immer wieder vor Augen führen, daß ein Bademoorbrei keine völlig homogene, glatte Masse ist, sondern reichlich mit gröberen Partikeln und Fasermassen durchsetzt ist. Sämtliche anderen Durchschnittskurven würden von entsprechenden Schlauchkurven begleitet sein. Es genügt jedoch, auf die Fehlerbreite bzw. relative Genauigkeit der Messungsergebnisse mit dem Beispiel M III_3 hinzuweisen, so daß sich weitere Beispiele an den folgenden Kurven erübrigen.

Vergleich der Moorbreie M I, M II und M III untereinander.

Wenn auch Zahlen eine eindeutige Sprache sprechen, so gibt eine graphische Darstellung doch ein einprägsameres Bild; deshalb halte ich es für angebracht, die ersten Messungsfolgen der drei Moorbreie zum Vergleich im selben Maßstab als gemeinsamen Nenner in Abb. 7 darzustellen. Die Abstände der nahezu parallelen Kurven sind der Ausdruck verschieden großer Viskosität der drei Badebreie, von denen M II die geringste Konsistenz besitzt, M III eine Mittellage einnimmt, und M I sich bei weitem als am dickflüssigsten erweist. Die Temperaturunterschiede der drei Badebreie scheinen in dieser Mittellage kaum eine Bedeutung zu haben. Dagegen bedingt eine so geringe

Differenz von rund 3% Wassergehalt den erheblichen Viskositätsunterschied der Moorbreie M II und M III, der in dem Abstand der beiden Kurven seinen Ausdruck findet. Leider sind die Werte für Wassergehalt und Trockensubstanz von M I nicht bekannt. Dem Kurvenverlauf nach zu schließen, müßte aber M I den geringsten Wassergehalt der drei verglichenen Moorbreie besitzen. Die Darstellung des Gehaltes an Wasser und Trockensubstanz in Säulenform soll die geringe Differenz im Wassergehalt der Badebreie M II und M III veranschaulichen, die dennoch einen erheblichen Viskositätsunterschied bedingt, wie auch die Ergebnisse der folgenden Moorbreie bestätigen werden.

b) Die Bademoorbreie M IV—M VI.

Mit den Messungen der Moorbreie M IV—M VI beginnt eine neue Methode der Meßtechnik unter etwas abgeänderten Voraussetzungen. Während die ersten drei Moormessungen ausgesprochene Laboratoriumsarbeiten waren, erfüllen folgende die Gegebenheiten der Praxis. Die Messungen wurden in einer Moorbadezelle des Staatsbades Elster mit den gebräuchlichen Moorwannen durchgeführt, die einen Badebrei enthielten, der hinsichtlich seiner Masse, Viskosität und Temperatur völlig den Badebreien entsprach, die den Patienten zu Moorbadekuren täglich verabreicht wurden. Diese Messungen erforderten eine größere und stabilere Apparatur als bei den Moorbreien M I bis M III notwendig war, die in Gefäßen von Wassereimergröße durchgeführt wurden. Das Prinzip der Viskositätsmessungen blieb dasselbe, nur die Größenverhältnisse sind andere. In Abb. 1 ist der für die Messungen in größerem Ausmaß und der Praxis entsprechend notwendig gewordene Apparat wiedergegeben. Zum Unterschied der Messungen von M I—M III besteht jetzt von vornherein Gleichgewicht zwischen Lot und Waagschale, die je 1 kg wiegen. Den anderen Größenverhältnissen entsprechend sind auch die aufgelegten Gewichte größer als bei M I—M III, wie die Ergebnisse von M IV—M VI zeigen werden. Einen wesentlichen Vorteil zur praktischen Auswertung der Ergebnisse bei M IV—M VI bieten die tatsächlichen Moorverhältnisse, wie sie der Patient vorfindet, und der Ersatz des Kugel-

lotes durch ein bedeutend schwereres in Gestalt eines Tropfens, wodurch weitgehend das störende Haftenbleiben von Wurzelfasern mit gröberen Schlammassen vermieden werden konnte. Mittels der größeren Hubhöhe des Tropfenlotes von 50 cm konnte hier die Voraussetzung für eine noch genauere Zeitmessung geschaffen werden. Unter den neuen Voraussetzungen waren ebenfalls einige Vormessungen erforderlich, um die technischen und individuellen Fehlerquellen auf ein Mindestmaß beschränken zu können. Die Ergebnisse der Vormessungen sollen wegen ihrer Lückenhaftigkeit unerwähnt bleiben.

α) Bademoorbrei M IV vom 3. 11. 38.

Nach Angaben der Moorarbeiter war der Badebrei M IV zu 50% der Torfmasse aus Hammerbrücker (Vogtld.) Frischmoor und zu 50% aus „verbadetem Taschenmoor", das 15 Jahre lang in den „Moortaschen" von Bad Elster im Freien gelagert hatte, unter Zusatz heißen Wassers aus den Quellenüberschüssen der Solequellen von Elster bereitet worden. Schon beim Eintauchen mit der Hand in den 40,5° C warmen Badebrei hatte man das angenehme empfinden der idealen Badebreikonsistenz. Dieser Brei schien vom therapeutischen Gesichtspunkt aus betrachtet ideal zu sein und eignete sich ausgesprochen gut für die Messungen, da er infolge des hohen Zusatzes an Taschenmoor, in dem alle enthaltenen organischen Bestandteile fein verteilt sind, eine fast glatt verrührte, homogene Masse bildete. Die Häutchenbildung beim Stehenlassen der Bademasse, die allen lyophilen Kolloiden eigen ist, verhinderte weitgehend die Abdunstung von Wasser, die eine Viskositätsänderung zur Folge hätte. Übrigens konnte diese Häutchenbildung auch bei den Badebreien M I und M III beobachtet werden, doch war diese dort nicht so stark. Da sich die Messungen von M IV über 4 Tage erstreckten, mußten die Wassergehaltswerte täglich überprüft werden. Man könnte sonst der Ansicht sein, die Zunahme der Viskosität in den ersten Tagen sei auf die Wasserverdunstung zurückzuführen. Für M IV ergab diese Prüfung in den 4 aufeinanderfolgenden Tagen untenstehende Werte:

	Wassergehalt in %	Trockensubstanz in %
1.	80,1	19,9
2.	80,7	19,3
3.	80,4	19,6
4.	80,5	19,5
	D.: 80,4	D.: 19,6

Die geringen Schwankungen im Wassergehalt und der Trockensubstanz sind vermutlich auf die Verschiedenheit der Moorproben zurückzuführen, die zur Wassergehaltsbestimmung mit dem Glühofen entnommen werden mußten. Auf jeden Fall ist damit bewiesen, daß die anfängliche Viskositätszunahme nicht auf eine etwaige Wasserverminderung des Badebreies zurückgeführt werden darf.

Da die Zahlenwerte des besprochenen Moorbreies M IV aus der graphischen Darstellung auf Abb. 8 abgelesen werden können, ist eine Zahlentabelle nicht erforderlich. Besonders klar zeigt die Kurvendarstellung, wie groß die Zunahme der Viskosität von der ersten bis zur zweiten Messungsfolge nach 24 Stunden ist. Im Verlaufe der nächsten 24 Stunden ist die Viskositätserhöhung weitaus geringer, um nach abermals 24 Stunden gar einen niedrigeren Wert als am dritten Messungstag zu erreichen. Wenn sich auch bei den Badebreien M IV bis M VI die Gewichte in anderen Breiten bewegen als bei M I bis M III, und in ersterem Falle absolute Gewichtsgrößen darstellen, die nicht reduziert werden müssen, so ist doch der Kurvenverlauf grundlegend der gleiche wie bei M I–M III. Auch die gleichen Eigenschaften der beschriebenen Badebreie und des jetzigen stellen sich in der bekannten Weise graphisch dar. Zum Unterschied von den erst gemessenen Moorbreien hält hier die Zeit der Viskositätszunahme länger an, wie die noch zu beschreibenden Badebreie viel deutlicher bestätigen werden.

Die Temperatur des Substrates sank in einem durchschnittlich 16° C warmen Raum von anfangs 40,5° C in 24 Stunden auf 20° C. Dieser Temperaturabfall geht aber doch verhältnismäßig

langsam von statten, wenn man bedenkt, daß das häufige Umrühren bei den Messungen eine günstige Bedingung zur Wärmeabgabe darstellt und der Badebrei in einem um über 20° C kälteren Raum steht. In nochmals 24 Stunden war der Moorbrei von 20° C auf nur 17,5° C abgekühlt und behielt diese Temperatur bis zum Ende der Messungen bei.

β) Bademoorbrei M V vom 3. 3. 39.

Der Badebrei M V wurde am 3. 3. 39 in Bad Elster zu Moorbädern verwandt und nur aus Taschenmoor, das 15 Jahre gelagert hatte, unter Benutzung der Quellenüberschüsse als Zusatzwasser bereitet, während die Trockensubstanz von M IV im Verhältnis 1 : 1 aus Frisch- und Taschenmoor gemischt wurde. M V gelangte mit 40° C zur ersten Messung. Auch hier konnte im Verlaufe mehrerer Tage nur ein ganz allmählicher Temperaturabfall beobachtet werden. Da die Viskosität erst nach 7 Tagen ihren Höchstwert erreicht hatte, was wahrscheinlich auf die ungeheure Quellungsfähigkeit des fein zerteilten Taschenmoores zurückzuführen ist, und erst am 8. Messungstag eine Viskositätsverminderung festgestellt werden konnte, waren 8 Kontrollen über den Prozentgehalt an Wasser und Trockensubstanz in den 8 aufeinanderfolgenden Tagen notwendig, deren Ergebnisse hier mitgeteilt seien:

	Wassergehalt in %	Trockensubstanz in %
1.	81,1	18,9
2.	80,6	19,4
3.	80,5	19,5
4.	80,6	19,4
5.	80,8	19,2
6.	80,4	19,6
7.	80,6	19,4
8.	80,5	19,5
	D.: 80,7	D.: 19,3

Die Aufstellung zeigt eine geringfügige Differenz des Wassergehaltes zwischen dem ersten und letzten Wert. Doch erscheint der letztgemessene Wert schon einmal am 3. Tag, so daß dieser Unterschied eher auf die unterschiedlichen Proben, die aus einer so großen Moormasse schwer zu entnehmen sind, — obgleich sie immer nach mehrmaligem Umrühren des gesamten Breies von derselben Stelle entnommen wurden, — zu beziehen ist als auf eine beträchtliche Wasserabgabe. Infolgedessen kann der Wassergehalt von M V innerhalb der 8 Messungstage als gleichbleibend angesehen werden.

Abb. 9 veranschaulicht wieder eine große Viskositätszunahme während der ersten 2 bis 3 Messungstage wie bei M IV. Damit ist aber bei M V die Grenze der Viskositätszunahme bei weitem noch nicht erreicht, sondern hält, wenn auch im Vergleich zum Beginn etwas verzögert, bis zum 7. Tag an. Erst am 8. Messungstag ist eine geringe Viskositätsverminderung festzustellen. Die vermutlichen Ursachen der Konsistenzerhöhung und später eintretenden Verminderung sollen am Ende der Moorbesprechung in einem besonderen Abschnitt erörtert werden. Die 4. Meßfolge des Badebreies M V mußte wegen eines Defektes der Apparatur vorzeitig abgebrochen werden, doch war bis dahin der Verlauf der 4. Kurve maßgeblich bestimmt. Der parallele und ausgeglichene Verlauf der gefundenen Kurven bestätigt immer wieder die genauen Werte, die auf Grund peinlichster Messungen und größtmöglicher Ausschaltung eventueller Fehlerquellen gefunden werden konnten, wenn schon ein Fehler von $^1/_{10}$ Sek. in der Durchschnittszeit den Kurvenverlauf beträchtlich stört. Der Vorteil der Messungen unter den jetzigen Bedingungen gegenüber denen von M I bis M III äußert sich deutlich in dem gleichmäßigeren Kurvenverlauf bei den Badebreien M IV—M VI, die unter den gesagten besseren Voraussetzungen gemessen wurden.

γ) Bademoorbrei M VI vom 10. 3. 39.

Die bisherigen Viskositätsmessungen wurden bei einer Badebreianfangstemperatur durchgeführt, die annähernd der therapeutischen Breite entsprach, während die einzelnen Mes-

sungen in Abständen von 24 Stunden erfolgten. Der Messungsrhythmus bei M VI wurde durch die Abkühlung des Bademediums um jeweils 10° C bestimmt. Da infolge der großen Temperaturspanne zwischen Badebrei und Außentemperatur während der einzelnen Messungsfolgen die Temperatur merklich sank, bestimmte ich die Moortemperatur am Anfang und Ende jeder Messung und gebe die Durchschnittswerte während der einzelnen Messungsfolgen an. Ich ließ mir als M VI einen 80° C heißen Moorbrei kommen, dessen erste Messung zwischen 79 und 76° C, also bei 77,5° C erfolgte. Die zur Zubereitung verwandte Trockensubstanz bestand vorwiegend aus abgelagertem Taschenmoor nebst einem geringen Zusatz von Frischmoor. Die Abkühlung des Moorbreies von 79 auf 30° C dauerte insgesamt 30 Stunden. Abb. 10 veranschaulicht den Verlauf der Abkühlungskurve, der die Beobachtungen anderer Autoren bestätigt. Die Abkühlung von 80 auf 70° C erfolgt ganz zu Beginn sehr verhalten, um dann fast plötzlich von 70 auf 50° zu stürzen. Mit der 50°-Grenze setzt eine zweite Wärmeverhaltung ein, die sich bis zum völligen Abkühlen fortsetzt. In Abb. 10 sind die Temperaturwerte zum Zeitablauf in Beziehung gebracht, wobei sich langsame Wärmeabgabe in der Zeit durch nahezu horizontalen Verlauf und schnelle Wärmeabgabe in der Zeiteinheit durch senkrechteren Kurvenverlauf konstatieren. Die mit Pfeilen versehenen Punkte der Temperaturkurve bezeichnen die Durchschnittstemperaturen, bei denen die Moormessungen vorgenommen wurden. Zum Vergleich der Abkühlung des Moorbreies ist ferner die Zimmertemperatur laufend aufgezeichnet worden, die vornehmlich durch Tages- und Nachtschwankungen der Außentemperatur und in geringem Maße durch die vom Badebrei abgegebene Wärme bestimmt wird. Der ungleichmäßige Temperaturabfall des Badebreies innerhalb der einzelnen Temperaturstufen bedingte die zeitlichen Messungsabstände, die sich auf 5½ Stunden, 5 Stunden und zweimal 9 Stunden beliefen. Zum Nachweis, daß während der gesamten Abkühlungszeit die Viskositätszunahme von M VI, die Abb. 11 zeigt, nicht auf Wasserverlust beruht, dienen die Prozentzahlen, die zu Beginn und am Ende der Messungen festgestellt wurden.

	Wassergehalt in %	Trockensubstanz in %
1.	82,2	17,8
2.	82,3	17,7
	D.: 82,3	D.: 17,8

Abb. 11 zeigt mit dem Kurvenabstand der ersten und zweiten Messungsfolge, daß die Konsistenz des Badebreies in 5½ Stunden erheblich zugenommen hat. Der Abstand der zweiten von der dritten Kurve ist geringer. Auch der zeitliche Abstand zwischen zweiter und dritter Messungsfolge ist mit 5 Stunden ebenfalls den ersteren gegenüber wenig verändert. Dagegen sind die Viskositätswerte von der 3. zur 4. Messung innerhalb 9 Stunden wesentlich gestiegen, während die letzten 9 Stunden zwischen der 4. und letzten Messung einen etwas geringeren Konsistenzanstieg verzeichnen können.

Vergleich der Moorbreie M IV, M V und M VI untereinander.

Da sich bei M VI der Zeitraum zwischen 1. und 5. Messungsreihe über etwas mehr als 24 Stunden erstreckt, ist somit eine Vergleichsmöglichkeit für die Konsistenzzunahme innerhalb gleicher Zeitabschnitte gegeben. Die verschiedenen Maßstäbe, die bei den Darstellungen der Viskositätsänderung der Moorbreie M IV, M V und M VI angewandt wurden, dürfen bei den Vergleichen nicht unbeachtet bleiben, können aber die Vergleiche kaum erschweren, da sie im Verhältnis 1 : 2 stehen. Der Unterschied der Maßstäbe in den graphischen Darstellungen ergab sich daraus, weil ich bemüht war, die Kurven so groß und dadurch so klar wie möglich darzustellen. Die Betrachtung der Abb. 12 zeigt, daß M VI den höchsten Wassergehalt der drei zum Vergleich stehenden Badebreie aufweist, und infolgedessen den geringsten Viskositätsgrad zu Beginn der Messungen besitzt. M IV ist von Beginn an am dickflüssigsten, während die erste Messungsfolge von M V eine Mittelstellung zwischen

M VI und M IV innehat. Die Abstufung der Viskositätsgrade dieser drei Bademoorbreie entspricht den Darstellungen des Wassergehaltes in Säulenform. M IV und M V besitzen zu Beginn der Messungen fast gleiche Temperaturen, die von M VI überragt die beiden ersteren fast um das Doppelte. Beziehen wir die Werte der zweiten Messungen dieser Moorbreie in unsere Betrachtung ein (Maßstäbe beachten!), so zeigt sich, daß die Konsistenz des Badebreies M IV in der gleichen Zeit genau so viel zugenommen hat wie die des Moorbreies M VI, die von M V weniger als bei M VI. Daß die beträchtliche Konsistenzerhöhung bei M IV derart groß ist, muß auf die besondere Zusammensetzung des Trockenbestandteiles zurückgeführt werden, die schon eine höhere Anfangsviskosität bedingt. Aus den Ergebnissen des Moores M II ist ersichtlich, daß dünnflüssige Badebreie an sich keinen so erheblichen Viskositätsanstieg aufzuweisen haben. Wir können dann unter Berücksichtigung der Tatsache, daß M VI von den drei letzten Badebreien am dünnsten ist, und daß die große Konsistenzzunahme bei M IV auf der besonderen Zusammensetzung der Trockensubstanz beruht, den Schluß ziehen, daß M VI unter Einwirkung hoher Zusatzwassertemperaturen absolut genommen, den größten Konsistenzanstieg aufzuweisen hat. Welche Vorgänge im Moor die absolut größere Konsistenzerhöhung verursachen, soll in einem der folgenden Abschnitte besprochen werden. Abschließend soll beim Vergleich der Konsistenzzunahme der drei Badebreie M IV—M VI nochmals konstatiert werden, daß die des Breies M VI infolge der großen Wärmeeinwirkung absolut am höchsten ist.

4. Kurvendiskussion und empirisch gefundene Gleichung für die gemessenen Bademoorbreie.

Betrachten wir nach der Besprechung der einzelnen Bademoorbreie die Gesamtheit der Ergebnisse, dann lassen sich eine Anzahl gemeinsamer Eigenschaften isolieren. Die Werte lassen sich leicht im rechtwinkligen Achsensystem darstellen, indem auf der Abszisse das Gewicht in Gramm und auf der Ordinate die Hubzeit in Sek. abgetragen werden. Die in dieses System ein-

getragenen Werte ergeben, miteinander verbunden, eine für Bademoorbreie typisch verlaufende Kurve. Ist das aufgelegte Gewicht so groß, daß es eine gewisse Reibung zwischen Badesubstanz und Oberfläche des eintauchenden Lotes, die sog. „Haftreibung", überwindet, dann nimmt die Kurve ihren Anfang. Für alle gefundenen Kurven ist charakteristisch, daß sie in ihrem oberen Teil beinahe der Senkrechten parallel laufen und nach der Horizontalen zu in ihrem unteren Drittel eine stetige Richtungsänderung erfahren, die einer Parallele der Horizontalen in einem bestimmten Abstand zustrebt. Alle Kurven nehmen in der Nähe des Wertbereiches von einer Sek. ihr Ende. Zudem verlaufen nicht nur die Kurven der aufeinanderfolgenden Messungsreihen annähernd parallel, sondern auch die einzelnen Kurven verschiedener Moorbreie weisen diese Eigentümlichkeit auf. All die gemeinsamen Eigenschaften, die sich in dem typischen Kurvenverlauf offenbaren, deuten auf eine gewisse Gesetzmäßigkeit im Kurvenverlauf aller Bademoorbreie hin. Als erstes Beispiel zur Ableitung dieser Gesetzmäßigkeit soll uns M I_1 dienen, wo folgende Werte gemessen wurden:

Gewicht in g	Zeit in Sek.	Meßfolge	Quotienten
80	13,6	1	13,6 = K
85	6,4	2	6,8
90	3,1	3	4,5
100	1,8	4	3,4
105	1,4	5	2,7

Unterziehen wir die Werte der Hubzeiten einer genaueren Betrachtung, so offenbart sich ein durch ihre Reihenfolge bedingter Zusammenhang. Multipliziert man nämlich den zweiten Zeitwert mit 2, den dritten mit 3 und so fort, ergeben sich Produkte, die zwischen 12,4 und 12,8 variieren, also nahe dem ersten Wert 13,6 liegen, so daß der erste Zeitwert als Konstante (K) angenommen werden darf. Dividiert man die konstante Zahl nacheinander durch 1, 2, 3 usw., so erhält man die in obiger

Tabelle angegebenen Quotienten. Im rechtwinkligen Achsenkreuz, auf dessen Abszisse die Gewichtswerte in Gramm und dessen Ordinate die Zahlen 1, 2, 3 abgetragen werden, ergibt die Verbindung der eingezeichneten Quotienten eine Kurve, die mit der durch Messungen gefundenen in ihrem oberen Teil gleich oder fast gleich verläuft, in ihrem Endabschnitt um einen bestimmten Wert abweicht. Verschiebt man das Achsensystem um eine Einheit in Richtung der positiven Abszisse und um eins auf dem negativen Teil der Ordinate, so erhält man eine transformierte Kurve, die sich mit der durch Messung gefundenen bis auf geringfügige Abweichungen deckt. Wie Abb. 13 zeigt, beläuft sich die Differenz der durch Berechnung und Messung gefundenen Kurven auf -1.

Dieses Ergebnis soll an Hand eines zweiten Beispieles bestätigt werden. In der Tabelle sind die Werte von M III_3 zusammengestellt:

Gewicht in g	Zeit in Sek.	Meßfolge	Quotienten
75	17,7	1	18 = K
80	8,0	2	9,0
85	5,0	3	6,0
90	3,0	4	4,5
95	2,1	5	3,6
100	1,6	6	3,0
105	1,1	7	2,5
110	0,9	8	2,2

In diesem Beispiel ist der innere Zusammenhang der Zeitwerte nicht so deutlich zu erkennen wie bei dem eben demonstrierten. Hier nähern sich nicht die Produkte aus den Zeitwerten und den dazu gehörenden Zahlen der Meßfolge einem gemeinsamen Wert, wie das bei M I_1 der Fall war. Infolgedessen erweist sich die Errechnung des ersten Quotienten als notwendig, der zugleich die gesuchte Mittelkonstante darstellt. Zu diesem Zweck sind die Zeitwerte mit den jeweils dazu gehörenden Zahlen der Meßfolge, die aus obiger Tabelle ersehen

werden können, zu multiplizieren. Die Summe der Faktoren wird durch die Anzahl der Messungen dividiert. Als Quotienten erhält man dann die Mittelkonstante, die in diesem Fall K = 18 beträgt. Die Berechnung der Quotienten erfolgt dann gemäß des ersten Beispiels, indem die Konstante nacheinander durch 1, 2, 3 usw. dividiert wird. In Abb. 6 sind die berechneten Quotienten als Kurvenpunkte dargestellt. Die transformierte Kurve ergibt eine weitgehende Annäherungskurve an die durch Messungen bestimmte. Der Abstand zwischen der berechneten und der durch Messung gefundenen Kurve beträgt wieder nahezu 1. Dieser Wert erhält auf Grund der Transformation im Sinne ± des alten Systems ein negatives Vorzeichen.

Als letztes Beispiel soll M VI_3 dienen, dessen Werte auf dieselbe Weise gefunden wurden, wie in dem eben besprochenen Fall. Es erübrigt sich, eine Wiederholung der in folgender Tabelle zusammengestellten Zahlenwerte zu geben, da sie nach demselben Schema gefunden wurden, das im vorigen Beispiel ausführlich dargelegt worden ist.

Gewicht in g	Zeit in Sek.	Meßfolge	Quotienten
100	26,9	1	30,2 = K
110	18,9	2	15,1
120	10,7	3	10,1
130	7,8	4	7,6
140	6,0	5	6,0
150	4,6	6	5,0
160	3,7	7	4,3

Auch hier zeigt die graphische Darstellung dieser Werte in Abb. 14 wieder wie die vorangehenden Beispiele denselben typischen Kurvenverlauf und die Differenz 1.

Nach den Methoden, die als Beispiele an den Viskositätswerten der Badebreie M I_1, M III_3 und M VI_3 hier erörtert wurden, überprüfte ich die Ergebnisse, indem ich wahllos herausgreifend die Kurven von M I_3, M IV_1, M IV_2, M IV_3, M IV_4

$M V_1$, $M V_3$, $M V_5$, $M V_8$ und $M VI_5$ berechnete, und kam überall zu denselben Ergebnissen. Bei der genauen Überprüfung des großen berechneten Materials zeigte sich jedoch, daß der Wert -1 um $+$ oder $-0{,}5$ schwankte, was die Einführung des Korrektionsfaktors $\pm 0{,}5$ notwendig machte. Als Gleichung formuliert, besteht also für die Annäherungskurven, die fast völlig mit den durch Messungen gefundenen übereinstimmen, folgende Beziehung:

$$t = \frac{K}{p} - 1 \pm 0{,}5,$$

wobei t die Hubzeit in Sek., K die Konstante bzw. Mittelkonstante der Zeitwerte, und p das Gewicht in Gramm bedeuten. Der Wert -1 ist eine immer wieder am Endabschnitt der Kurven auftretende Differenz, und $\pm 0{,}5$ ein sich auf Grund des überprüften Materials notwendig erweisendes Korrektionsglied.

Da aber die Annäherungskurven der ermessenen im gleichen Achsensystem fast homolog verlaufen, und die geringfügigen Abweichungen der Annäherungskurven dem Verlauf der Messungskurve in keiner Weise ändern würde, kann die gefundene Gleichung der Annäherungskurven ohne weiteres auf die mittels der Senklotmessungen festgestellten Kurven übertragen werden. Damit ist eine Gleichung für die gemessenen Kurven empirisch gefunden worden, deren praktische Anwendung keinerlei Schwierigkeiten bietet.

5. Ursachen der Viskositätsänderung mit besonderer Berücksichtigung des Temperatureinflusses.

Bei Betrachtung sämtlicher Ergebnisse der Moorbreimessungen konnten wir eine mehr oder weniger große Viskositätszunahme von einer Messung zur anderen desselben Badebreies beobachten. Diese kommt in den Abständen der Kurven zum Ausdruck. Nachdem die Badebreie nach 3—7 Tagen einen Viskositätshöchstwert erreicht hatten, ging dieser auf einen Wert zurück, der aber weit höher lag als der Anfangswert. Diese Tatsachen wurden bei der Besprechung der einzelnen Moorbreie erwähnt, ohne jedoch in diesem Zusammenhang darauf näher eingehen zu können, was hier nachgetragen sein möge.

Auf dem Moorhof des Staatsbades Elster konnte ich beobachten, daß die Trockensubstanz am Abend vor der Zubereitung für die Moorbäder mit heißem Wasser versetzt und verrührt wurde. Diese Masse blieb bis zum nächsten Morgen stehen. Ihr wurde dann nochmals ein Schuß heißen Quellwassers beigegeben, um dem Badebrei die jeweils vom Badearzt vorgeschriebene Temperatur zu verleihen. Von dem so bereiteten Badebrei erhielt ich einen Teil zu meinen Messungen. Der bedeutsamste Grund für die tagelang anhaltende Viskositätszunahme ist bei dieser Zubereitungsmethode offensichtlich die Quellung des Moores, die durch die säurehaltigen Überschußquellwässer noch begünstigt wird. Die Ansicht, daß die Quellung am besten als die Bildung einer festen Lösung von Wasser in einer gequollenen Substanz sei, kann zur Klärung der Gründe für die Konsistenzzunahme nur beitragen. Zum anderen ist es das zugesetzte Wasser, das beim Stehenlassen des Badebreies seine Beziehung zur Trockensubstanz ändert, indem das locker gebundene Okklusionswasser mit den festen Moorbestandteilen eine teils chemische, teils physikalische Bindung als Kolloidwasser bzw. osmotisch gebundenes Wasser eingeht. Das Kolloidwasser, das an Huminsäure, Zellulose und andere Gele gebunden ist, bewirkt eine optimale Hydratation und damit Ausflockung der Huminsäure, die makroskopisch in einer Konsistenzzunahme zum Ausdruck kommt. Da in Frischmooren, die den Badebreien in gewissen Prozentsätzen beigegeben werden, eine recht große Anzahl Wurzelfasern, Holzstücke, überhaupt in ihrer Zellstruktur erhaltene organische Bestandteile vorhanden sind, läßt sich leicht vorstellen, daß ein großer Teil des Okklusions- und Kapillarwassers, das sich anfangs zwischen den Organsubstanzteilen befand, durch osmotische Vorgänge dem Badebrei entzogen wird. Zwar ist das Wasser noch in den organischen Bestandteilen vorhanden, aber aus den Kapillarspalten der Moorsubstanz verschwunden, wo es bedeutenden Einfluß auf die Konsistenz im Sinne der Konsistenzverminderung ausübte. Aus dieser Überlegung ergibt sich, daß die Verminderung des Okklusions- und Kapillarwassers zugunsten des Kolloid- und osmotisch gebundenen Wassers einen nicht zu unterschätzenden

Teilfaktor zur Viskositätserhöhung beim Stehenlassen der Badebreie darstellt. Ein weiteres Moment, wodurch die Viskositätszunahme erklärt werden kann, ist die Koagulation der Eiweißbestandteile des Moores infolge Zugabe heißen Quellwassers. Die bei der Quellung stattfindende Volumenkontraktion mag zur Viskositätserhöhung einen geringeren Grad beitragen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß chemische und physikalische Reaktionen unter Temperaturerhöhungen schneller abzulaufen pflegen. Die eben dargelegten Gründe für die Viskositätszunahme des Badebreies sind ausschließlich chemischer und physikalischer Natur. Demzufolge muß der Wärmeeinwirkung, die eine größere Reaktionsbereitschaft der reagierenden Substanzen infolge lebhafterer Molekularbewegungen der an der Reaktion beteiligten Stoffe schafft, auf den Moorbrei eine gebührende Stelle als ein Faktor der Konsistenzzunahme eingeräumt werden. Tatsächlich beweist auch die experimentelle Messung des Badebreies M VI diese Ansicht, was an entsprechender Stelle bereits gesagt wurde.

Nachdem die Viskosität der Badebreie nach einiger Zeit ihren Höchstwert erreicht hatte, gingen die Werte langsam zurück. Souci[6]) erklärt diese Erscheinungen mit der eintretenden Peptisation, die durch Verringerung der Viskosität angezeigt ist. Souci bestätigt ebenda die Feststellung, daß die Konsistenz einem konstanten Endwert zustrebt, der über dem ursprünglichen Wert für das Huminsäuresol liegt, „und der bei gegebener Konzentration für jedes einzelne Flockungsmittel charakteristisch ist". Ob der Viskositätsrückgang eventuell durch Bakterientätigkeit mit zu erklären wäre, ist fraglich, da Moorbreie an sich bakterizide Eigenschaften besitzen. Doch scheint die Annahme der Zersetzung von langstehenden Badebreien auf chemische oder biologische Weise nicht abwegig zu sein, wodurch ebenfalls eine Viskositätsverminderung erfolgen könnte.

6. Zusammenfassung und Ergebnisse vorliegender Arbeit.

Annähernd ein halbes Jahrhundert ist verflossen, seitdem sich die wissenschaftliche Forschung für die Balneologie, speziell der Bademoore, zu interessieren begann, und die teils jahr-

hundertealten Erfahrungen über die Heilkraft der Peloidbäder mit wissenschaftlichen Methoden zu erforschen suchte. Wenn man zu Beginn der Bademoorforschung von unglücklichen Annahmen ausging, daß die Wirkung der Moorbäder fast ausschließlich auf chemischen Reaktionen beruhe, so bedeutete die Erkenntnis der ausschlaggebenden physikalischen Wirkungsfaktoren bereits einen großen Fortschritt. Trotz der neueren Erkenntnisse sind zum gewissen Teil chemische Reaktionen im Moorbad an dessen Heilwirkung beteiligt. Die Huminsäuren der Badebreie gehen mit den Hauteiweißen unlösliche Verbindungen ein, die eine Schrumpfung der Haut hervorrufen, die der im Moorbad eintretenden Quellung des Bindegewebes entgegenwirkt. Die Haut erhält dadurch nicht nur eine derbere Beschaffenheit, sondern wird auch für Anionen durchgängig gemacht. Die Eigenschaft des Badebreies, sezernierte Stoffe des Körpers adsorptiv in sich aufnehmen zu können, unterstützt vorzüglich die durch große Wärmeeinwirkungen des Badebreies auf den Organismus angeregte und gesteigerte Sekretion der Haut und ihrer Anhangsgebilde und erzeugt schließlich ein Sekretionsgefälle vom Körper zum Bademedium. Der kolloide Zustand der Huminsäuren im Bad setzt die Oberflächenspannung des Bademediums herab und steigert die Benetzbarkeit des Körpers, die günstigere Adsorptionsverhältnisse schafft.

Die gleichmäßig-verhaltene und damit schonende Wärmeapplikation mittels des Badebreies wird als bedeutungsvollster Heilfaktor der Bademoorwirkung angesehen, die durch das Wärmehaltungsvermögen der Badeschlamme wirksam unterstützt wird. Geringe Wärmeleitfähigkeit und Wärmekonvektion wirken im selben Sinne, während die Oberflächen der Moorbreie durch verhältnismäßig gute Wärmestrahlung rasch abkühlen. Die bisher genannten physikalischen Eigenschaften werden durch den gleichmäßigen und hochviskösen Zustand der Bademasse hinsichtlich ihrer Wirksamkeit nur noch beträchtlich gesteigert.

Als fast ausschließlicher Überträger balneologischer Wirkungen ist die Haut anzusehen, die chemische, physikalische und nervöse Reize dem Organismus vermittelt. Auf die intensive und langanhaltende Wärmezufuhr von Seiten des Badebreies

antworten die Hautgefäße mit Dilatation und Blutdruckerhöhung der Arteriolen, die in der Hyperämie der Haut ihren Ausdruck finden. Mit der großen Wärmezufuhr, die infolge des hohen Indifferenzpunktes der Badebreie dennoch schonend erfolgt, wird gleichzeitig ein erhöhter Produktionsreiz des Vagusstoffes gesetzt, der durch Tonuserhöhung des N. vagus eine Blutdrucksenkung verursacht. Auf indirektem Wege wird durch die lokale Hyperämisierung der Haut neben einer allgemeinen Steigerung des Stoffwechsels und der Drüsentätigkeit über den Vagus das Wirkungsgebiet der Wärme beträchtlich erweitert. Die darauf erfolgende Ausschüttung der Blutdepots versetzt den Organismus in eine allgemeine Reaktionsbereitschaft und beeinflußt den Stoffwechsel durch Anregung innersekretorischer Drüsentätigkeit in günstiger Weise. Eine derartig milde und doch intensive Wärmeapplikation im Moorbad und die damit gesetzten Reize kann kein Moorextraktbad vermitteln.

Wenn schon Wasser- oder Moorextraktbäder eine Steigerung im Auswurfvolumen und der Frequenz des Herzens verursachen, so ist diese Wirkung infolge der ganz anderen Druckverhältnisse im Moorbad bedeutend intensiver. Gleichzeitig werden die Extremitätenvenen durch den auf ihnen lastenden Druck des hochviskösen Badebreies dauernd ausmassiert, unterstützt und gefördert durch wiederholte, langsame Bewegungen im Badebrei. Diese Faktoren begünstigen eine schnelle und gründliche Durchblutung des Körpers besonders noch dadurch, daß der intraabdominelle und intrathorakale Druck erhöht werden. Vollmoorbäder sind für Herzkranke wegen der außerordentlichen Mehrbelastung des Herzens nicht indiziert. Einen geringen Druckausgleich bietet der Auftrieb im Moorbad, der mit dem hydrostatischen Druck in Wechselbeziehung steht und damit günstige Durchströmungsbedingungen mit Blut für die Muskulatur schafft. Letzten Endes scheint die außerordentlich günstige Durchblutungsmöglichkeit im Moorbad neben anderen in ihrer Wirkung zurücktretenden Faktoren das heilungsfördernde Prinzip zu sein.

Die chemische Wirkung der Moorbäder beruht im wesentlichen auf Ladungsänderung der Haut und „Wiederherstellung

des durch Krankheit gestörten Ionengleichgewichtes". Daneben wurden die Bildung gefäßaktiver Stoffe und die Huminsäure-Hauteiweißverbindungen schon erwähnt. Die Wirkung der in Moorbreien enthaltenen Tokokinine, thermolabiler, hormonähnlicher Stoffe, auf den Organismus ist noch nicht bekannt, ja, erscheint sogar fraglich. Allem Anschein nach ist die Anregung der innersekretorischen Drüsen auf die allgemeine thermo-physikalische Wirkung des Bademoorbreies zurückzuführen. Ebenso ungeklärt ist bis heute die Frage geblieben, welche Wirkungen die dem Moorbrei zugesetzten oder ursprünglich enthalten gewesenen radioaktiven Stoffe während des Bades entfalten.

Die Indikation von Moorbadekuren ist besonders bei den Erkrankungen gegeben, die eine intensivere Durchblutung der Gewebe erfordern, außerdem bei Erkrankungen, die durch Störung des hormonalen Stimulus bedingt sind. Moorbadekuren verhelfen dem Organismus leicht zur Ausschwemmung sezernierbarer Stoffe, die den Körper durch ihre Anwesenheit nur belasten.

Neben vielen gemeinsamen Eigenschaften ist dennoch jedes Moor durch seine geologische Entstehung eine Besonderheit für sich. Torflager wachsen durch Verlandung flacher, ruhiger Gewässer vom Rande her und durchlaufen dabei verschiedene Entwicklungsstadien, die durch die jeweilige Vegetation charakterisiert sind. Noch heute sind Torflager im Entstehen begriffen. Je nach den Entstehungsursachen und Eigenschaften unterscheiden wir Grundwassermoore von Hochmooren, Gehänge- und Quellenmoore von Flach-, Zwischen- und Waldmooren. Parallel, aber in entgegengesetztem Sinne zur Vegetation erfolgt in den älteren Teilen der Torflager der teilweise oder totale Abbau organischer Substanz durch Verwesung, Fäulnis, Vertorfung, Vermoderung und als letztes Stadium durch Humifikation. Beimengungen anorganischer Stoffe sind nach Entstehungsort und -Weise verschieden. Durch Zufluß von Säuerlingen in Torflager können durch Verbindung organischer und anorganischer Substanzen Kalktorfe entstehen. Neben Sedimenten enthalten manche Torfe Magnesium oder Eisensulfate, und alle

Substanzen, die beim Zerfall organischer sowie anorganischer Stoffe entstehen können.

Bevor die zu Badezwecken gestochene Torfmasse verwendungsfähig ist, muß sie einen Reifungsprozeß durchlaufen, der in Stapelung der gestochenen Torfsubstanz auf Halden zur Lufttrocknung beruht, wobei eine völlige Austrocknung vermieden werden muß, da sonst die Quellungsfähigkeit des Torfes verlorengehen würde. Hierbei spielen sich Oxydationsvorgänge an der Torfsubstanz ab. Die Herstellung von Moorbädern geschieht durch Zusatz heißen Wassers zu der Trockensubstanz. Um einen möglichst hohen Viskositätsgrad von Moorbädern zu erzielen, empfiehlt es sich, den so bereiteten Badebrei einige Tage stehen zu lassen.

Während des Stehenlassens nimmt der Badebrei einige Tage lang an Konsistenz zu, wie einwandfrei durch die vorliegenden Messungsergebnisse bewiesen wird. Unter Viskosität, Konsistenz oder innerer Reibung versteht man die Kraft, die die Bewegungen der Flüssigkeitsteilchen aneinander vorbei verlangsamt. Die Konsistenz eines Moorbades, die mit etwa 25% Wasserüberschuß über der gesättigten Wasserkapazität des Torfes angegeben wird, wird einmal durch das Verhältnis Trockensubstanz zu Wasser bedingt, zum anderen durch Quellung, die durch Zugabe säure- oder salzhaltiger Quellwässer gefördert werden kann. In den verschiedenen Bindungsarten des Wassers an die Trockensubstanz sehen wir einen weiteren Faktor, der die Viskosität des Badebreies bedingt.

Kritische Überprüfung der Literatur auf geeignete Viskosimeter, die für Bademoorbreie brauchbar sein könnten, und eigene fehlgeschlagene Meßmethoden führten zu dem für Moorbreie alleinig brauchbaren Senklotapparat nach E. Freund und E. Wachtl, Wien. Da mir dieser bei einigen meiner Messungen nicht genügen konnte, ließ ich eine größere Apparatur anfertigen, die den Prinzipien des Apparates nach E. Freund und E. Wachtl durchaus entsprach. Eine eingehende Beschreibung des Instrumentes und der Meßtechnik findet sich im Text.

Die Messungen der Bademoorbreie M I–M III wurden mit dem kleinen Apparat von E. Freund und E. Wachtl im Labora-

torium durchgeführt. Die Messungsergebnisse führten in der graphischen Darstellung zu einem typischen Kurvenverlauf. Sämtliche Bademoorbreie zeigen im Prinzip dieselben Kurven, die sich bis auf geringe Abweichungen, welche in der Schwierigkeit der Messung von Badebreien und kleinen Meßfehlern begründet sind, im wesentlichen durch ihren Abstand unterscheiden. Gleichzeitig durchgeführte Wassergehaltsbestimmungen zeigen, daß schon geringe Unterschiede im Wassergehalt der einzelnen Badebreie in den Kurvenabständen deutlich zum Ausdruck gelangen. Einen weiteren Fortschritt bedeutet die Messung der Badebreie M IV—M VI, bei denen der Hauptwert auf die Verhältnisse gelegt wurde, wie sie in Wirklichkeit der praktischen Anwendung von Moorbädern entsprechen; denn derartige Messungen, die die wirklichen Verhältnisse im Moorbad wiedergeben, erschienen mir wichtiger als allein Laboratoriumsuntersuchungen, die nur annähernd ein Bild von der Wirklichkeit vermitteln können, niemals aber absolute und allgemein vergleichbare Werte ergeben. Tatsächlich stimmen die Ergebnisse der Moorbreie M I—M III und M IV—M VI überein, nur die Gewichtsgrößen sind unterschiedlich, wobei die letzteren die wirklichen Verhältnisse im Moorbad wiedergeben und an keinerlei theoretische Voraussetzungen geknüpft sind, somit auch allgemeine Viskositätsvergleichungen verschiedener Bademoorbreie ohne Schwierigkeiten zulassen. Die Untersuchungen zeigen, daß die gemessenen Viskositätswerte weitgehend von der Zusammensetzung des Badebreies aus Frisch- und Taschenmoor abhängig sind, wobei abgelagerte, stark zersetzte Moorerden eine größere Potenz in bezug auf Viskositätszunahme besitzen als junge Torfe mit noch groben organischen Beimischungen. Jeder der gemessenen Badebreie zeigt das Bild einer anfänglichen Viskositätszunahme, deren Dauer je nach Zusammensetzung der Moorerde verschieden ist. Hat die Viskosität nach mehreren Tagen ihr Maximum erreicht, setzt eine langsame und ihrem Werte nach geringe Viskositätsverminderung ein, die aber niemals die Ausgangswerte erreicht. Diese Beobachtungen werden durch sämtliche gemessenen Badebreie bestätigt. Zum Beweise, daß die Viskositätsänderung nicht auf Wasserabgabe

zurückzuführen ist, wurden jeweils die Wassergehaltswerte an den einzelnen Messungstagen bestimmt. Mit dem angeführten Material ist eindeutig bewiesen, daß die Änderung der Viskositätswerte bei den einzelnen Badebreien nicht auf Änderung des Wassergehaltes beruhen kann. Im Gegensatz dazu kommen beim Vergleich verschiedener Badebreie schon kleine Differenzen im Wassergehalt deutlich zum Ausdruck. Typisch für alle Moorbreie ist eine Abkühlungskurve von M VI, die nur die Ergebnisse anderer Autoren bestätigt.

Der gleichmäßigere Kurvenverlauf der Badebreie M IV bis M VI als bei M I—M III findet darin seine Erklärung, daß die Messungen im großen durchgeführt werden konnten, wobei kleine Fehler im Gesamtbild kaum Ausdruck finden konnten. Die Viskosität von M VI wurde laufend in Temperaturintervallen von etwa 10° C bestimmt. Es zeigte sich, daß der Moorbei unter dem Einfluß hoher Temperaturen eine große Viskositätszunahme in der Zeiteinheit aufwies, daß dagegen die Viskosität bei geringeren Temperaturen auch geringere Zunahme erkennen ließ. Für alle Kurven, die für jeden Badebrei denselben typischen Verlauf ergaben, ließ sich die empirisch abgeleitete Kurvengleichung aufstellen:

$$t = \frac{K}{p} - 1 \pm 0{,}5.$$

Als Ursachen der Viskositätszunahme sind die Quellung der Moorsubstanz, die Änderung der Wasserbindung, die Hydratation und Ausflockung der Huminsäuren, und endlich die Koagulation der Eiweißbestandteile, besonders bei heißen Badebreien anzusehen, während die Abnahme der Viskosität auf Peptisation und eventueller destruktiver Bakterientätigkeit beruht.

Literatur

1. S. W. Souci, München: Eigenschaften und therapeutische Wirkung des Moores, mit besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung zu Badezwecken. Balneologe 4, 1 (1937).
2. S. W. Souci, München: Die Chemie des Moores. S. 3.
3. a) K. Möllering: Ein Beitrag zur Beurteilung der Moorbäder. 1935.
   b) F. Lübben, Jena: Das thermische Verhalten von Moorbrei und anderen Aufschwemmungen. Dissertation 1909.
   c) E. Schulz, Jena: Thermisches Verhalten und Konsistenz von Bade-Moorbreien. Dissertation 1935.
   d) Dr. med. habil. Zörkendörfer: Die typischen Eigenschaften der Peloide und deren Bedeutung für die Badewirkungen. Habilitationsarbeit 1938.
4. Stockfisch und Benade: Mitteilungen aus den Laboratorien der Preußischen Geologischen Landesanstalt. Heft 11, S. 52—64.
5. Schade: Das Quellungsvermögen des Bindegewebes in der Mannigfaltigkeit seiner Erscheinungen. Beitrag aus: Zeitschr. f. exp. Pathol. u. Therapie, Bd. XIV, S. 1 (1913).
6. Souci: Die Chemie des Moores. S. 92 u. 94, 96.
7. Souci: Die Chemie des Moores. S. 87.
8. W. Benade: Der Rheumatismus, Moore, Schlamme, Erden (Peloide). Bd. 10 (1938).
9. Heiduschka u. K. Möllering: Balneologe 3, S. 328 (1936).
10. Wehefritz: Neuere Untersuchungen über das Moor. Balneologe 1, S. 529 (1934).
11. Benade und Stockfisch: Neue Methoden und Ergebnisse physikalisch-chemischer Bädermoorforschung. Aus: Ztschr. f. wissenschaftl. Bäderkunde 5, S. 308 (1930).
12. J. Kühnau, Wiesbaden: Die Haut als Vermittler balneolog. Reize. Balneologe 3, S. 69—73 (1936).
13. Ottenstein und Boehm: Klin. Wochenschr. 1935, S. 275 usf.
14. Benatt: Ztschr. f. klin. Med. 1933, S. 126 u. 202.
15. Stahl, Schmegg: Ztschr. f. phys. Therapie. 27 (1923), S. 50.
16. Glaser, Klin. Wochenschr. 1926, S. 1601.

17. Harpuder: Ztschr. f. exp. Medizin. 42 (1924), S. 1.
18. Laudis, Heart: 15 (1930), 209.
19. Gollwitzer-Meier: Kreislauf und Atmung im Bad. Balneologe 2, S. 290—299.
20. Wollheim: Ztschr. f. klin. Med. 1931, S. 116 u. S. 269.
21. Kühnau: Der Stoffwechsel im Bad. Balneologe 2, S. 337—341.
22. Stockfisch und Benade: Ztschr. f. angew. Chemie. 42. Jahrg., 1929, S. 663—668.
23. Ernst Lendel: Das Wärmehaltungsvermögen verschiedener Moor- und Schlammarten und ihre Einwirkung auf die Durchblutung der Kapillaren. Aus: Balneologe 1 (1934), S. 235.
24. Ernst Lendel: Vergleichende Untersuchungen über das Wärmehaltungsvermögen verschiedener Schlammarten unter besonderer Berücksichtigung der Schollener Pelose. Aus: Ztschr. f. d. ges. physik. Therapie. 42 (1932), S. 6.
25. Stockfisch und Benade: Einige Ergebnisse physikalischer und chemischer Mooruntersuchungen. Aus: Balneologe 2 (1935), S. 203.
26. Arndt: Handbuch der physik.-chem. Technik. S. 547 (563—571).
27. Hintzelmann und O. Lappke: Balneopharmakologische Untersuchungen über natürliche Wärmeträger (Heilschlamme) und pharmazeutische Zubereitungen (Kataplasmen). Aus: Balneologe 3 (1936), S. 508.
28. Katz: Die Gesetze der Quellung. Aus: Kolloidchem. Beihefte. Bd. IX (Heft 1—6) 1917.
29. Hintzelmann und O. Lappke: Untersuchungen über Konsistenz vorwiegend mineralischer Peloide.
30. Arndt: Handbuch der physik.-chem. Technik. S. 231—239 u. S. 547 bis 571.
31. K. A. Hoepfner, Danzig: Untersuchungen über die Viskosität bituminöser Stoffe und deren gesetzmäßige Zusammenhänge.
32. Steiner: Das Steinersche Viskosimeter und einige Ergebnisse.
33. K. A. Pohle: Über Verfahren zur Bestimmung der Viskosität von Schlacken.
34. K. Scheel: Das Englersche Viskosimeter mit Zehntelgefäß.
35. E. Diepschlag und F. K. Buchholz, Julienhütte (O.-S.): Untersuchungen zur Schaffung einer Einrichtung für die Messung der Viskositit von Siemens-Martin-Schlacken.
36. E. Freund und E. Wachtl, Wien: Konsistenzmessungen an Moorbreien. Aus: Balneologe 3 (1936), S. 373.

Nichtarische Autoren:

1. Boehm; vgl. Anm. 13.

Lebenslauf

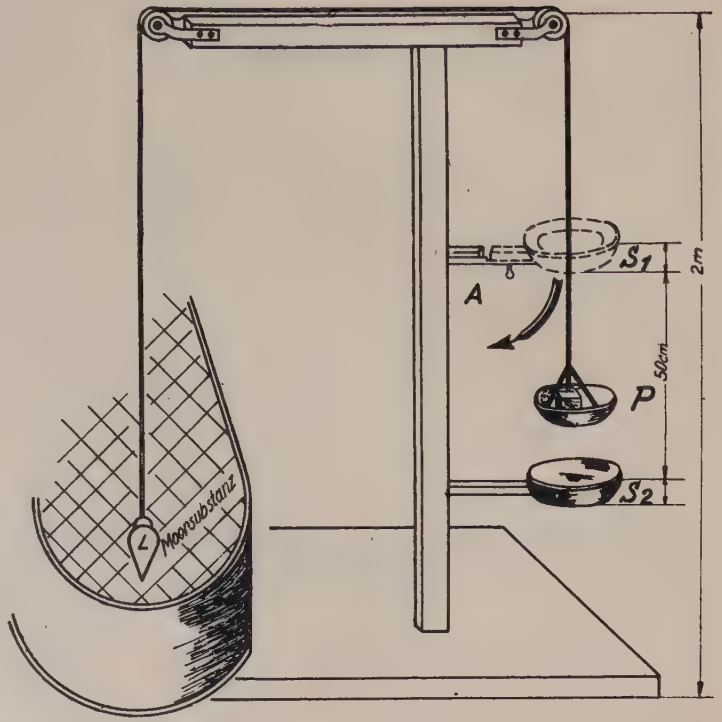
Ich wurde am 29. Oktober 1915 als Sohn des Postinspektors Paul Mehl und seiner Ehefrau Elise geb. Kunze in Kohren bei Frohburg geboren und auf die Namen Horst Paul Karl Mehl getauft. Seit meiner frühesten Jugend lebten wir in Leipzig, wo ich nach vierjährigem Grundschulbesuch Ostern 1926 in die Sexta der Helmholtzschule (Reformrealgymnasium) eintrat. Nach neunjährigem Schulbesuch und erlangter Reife verließ ich Ostern 1935 die Oberprima der Helmholtzschule, um vom 1. 4. 1935 bis zum 30. 9. 1935 meiner freiwilligen Arbeitsdienstpflicht zu genügen. Mit dem W.-S. 1935/36 begann ich das Studium der Medizin und gleichzeitig das der Leibesübungen. Kurz vor Ablegung des Physikums im W.-S. 1937/38 erlitt ich bei den Universitäts-Skimeisterschaften der Universität Leipzig am 28. 1. 1938 einen folgenschweren Sportunfall, so daß ich das Studium der Leibesübungen kurz vor Beendigung abbrechen mußte und das Physikum erst nach meinem 6. medizinischen Studiensemester im Sommer 1938 ablegen konnte. Ein Kuraufenthalt in Bad Elster im Spätsommer 1938, der die Folgen des Unfalles günstig beeinflussen konnte, lenkte durch Anregung des Herrn Geheimrates Prof. Dr. Köhler, Bad Elster, mein Interesse auf das Gebiet der Balneologie. Es ist mir nochmals aufrichtiges Bedürfnis, an dieser Stelle Herrn Geheimrat Prof. Dr. Köhler wiederholt für die Stellung des Themas und die wohlwollende Förderung meiner Arbeiten im Staatsbad Elster zu danken.

Anhang

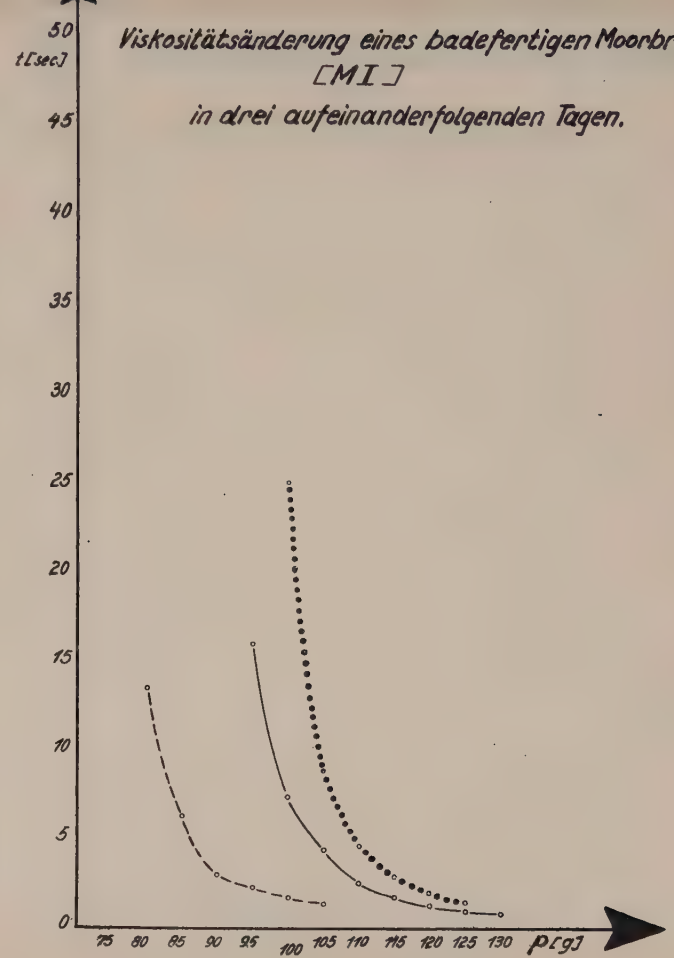
Senklotapparat

zur Messung von Moorviskositäten

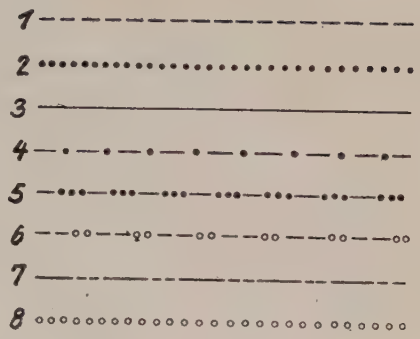
Prinzip: E. FREUND u. E. WACHTL



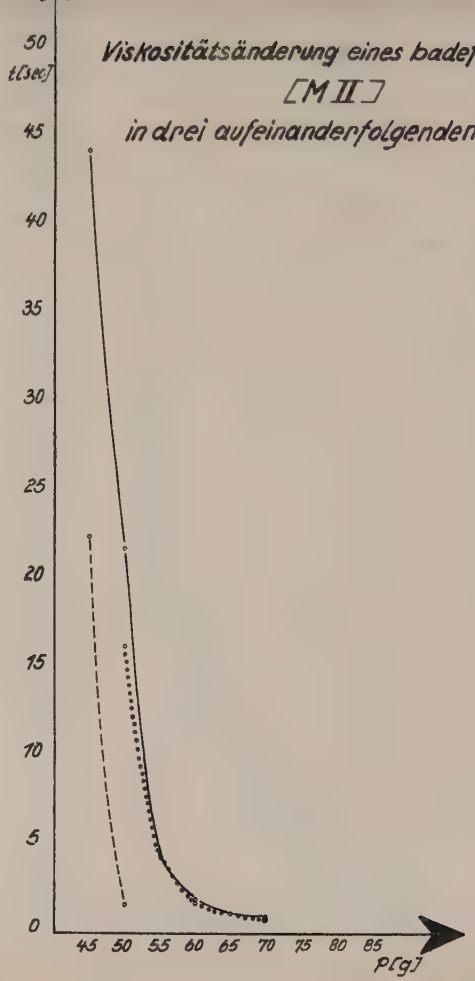
Viskositätsänderung eines badefertigen Moorbreies [MI] in drei aufeinanderfolgenden Tagen.

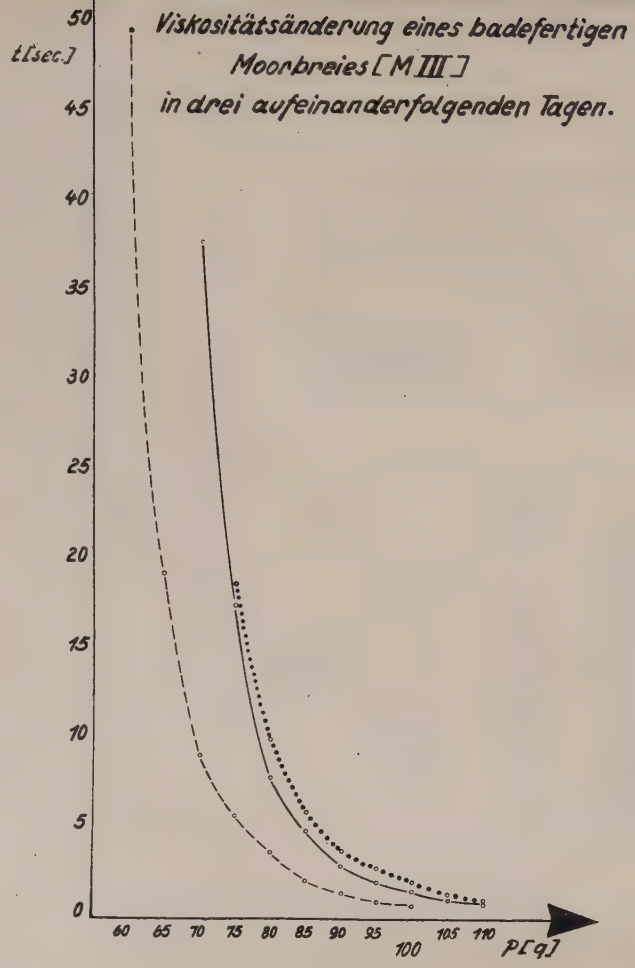


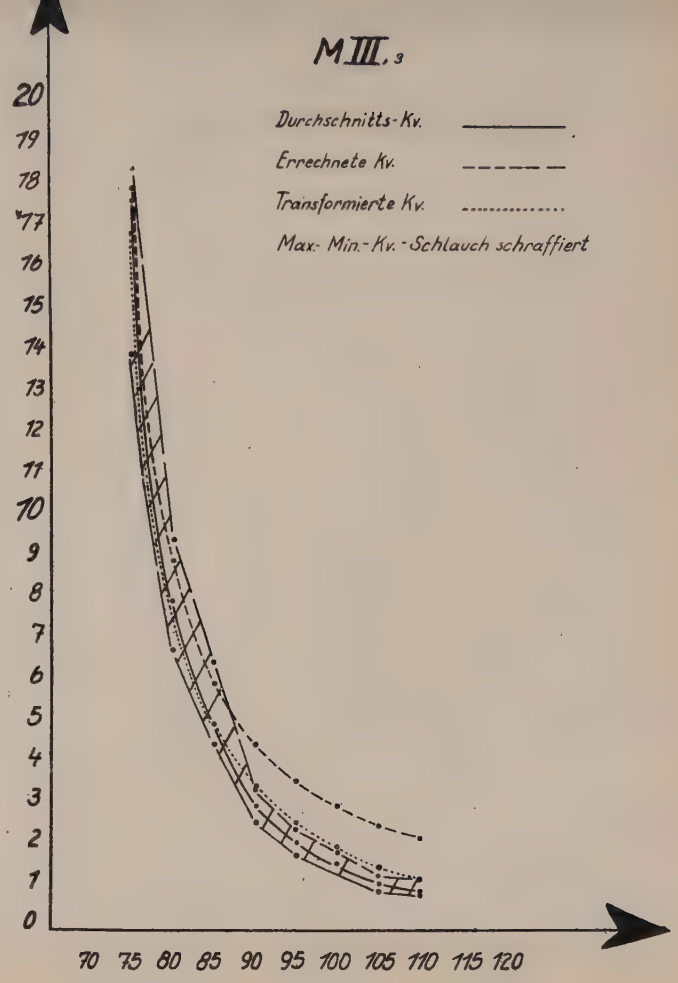
Legende



Diese Kurvenbezeichnung entspricht der zeitlichen Messungsfolge und gilt für alle graph. Darstellungen



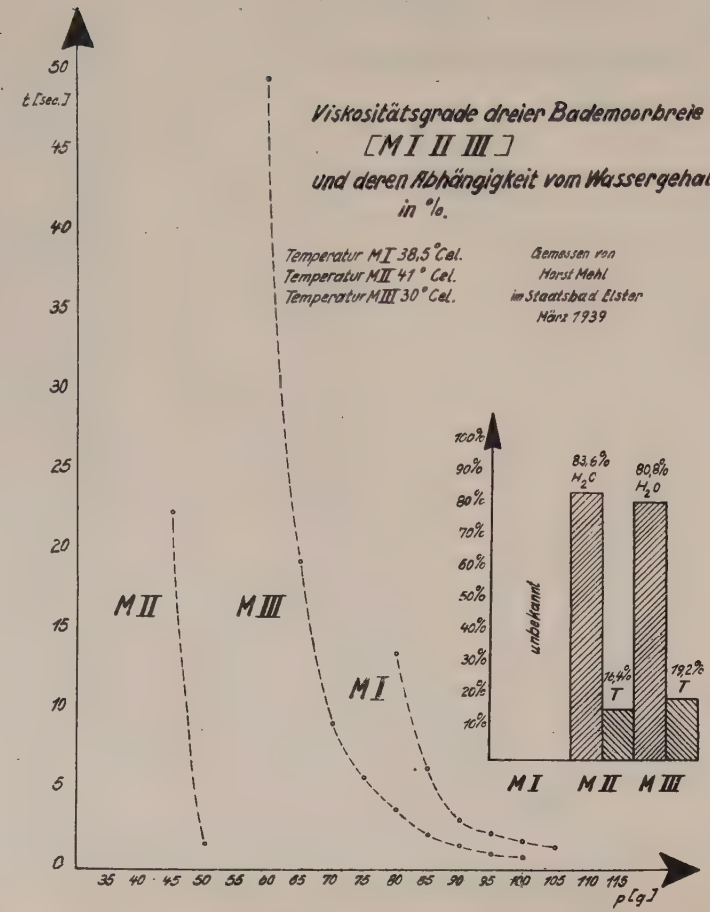

Viskositätsänderung eines badefertigen
Moorbreies [M III]
in drei aufeinanderfolgenden Tagen.
t[sec.]
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110
P[g]


M III. 3
Durchschnitts-Kv.
Errechnete Kv.
Transformierte Kv.
Max.- Min.-Kv.-Schlauch schraffiert
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120

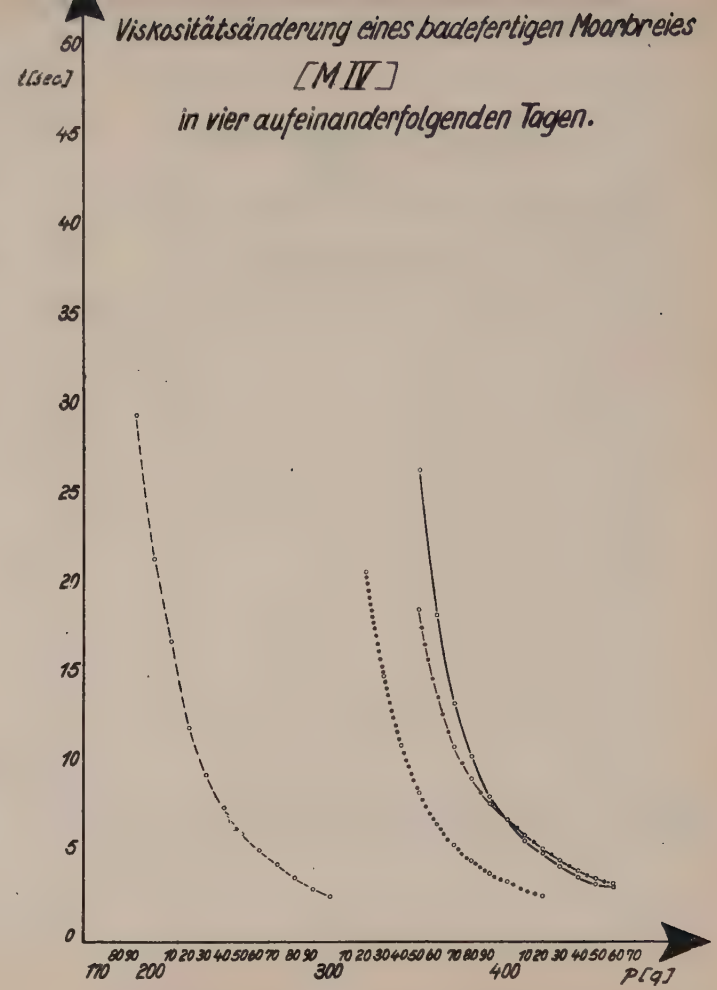
Viskositätsgrade dreier Bademoorbreie [M I II III] und deren Abhängigkeit vom Wassergehalt in %.

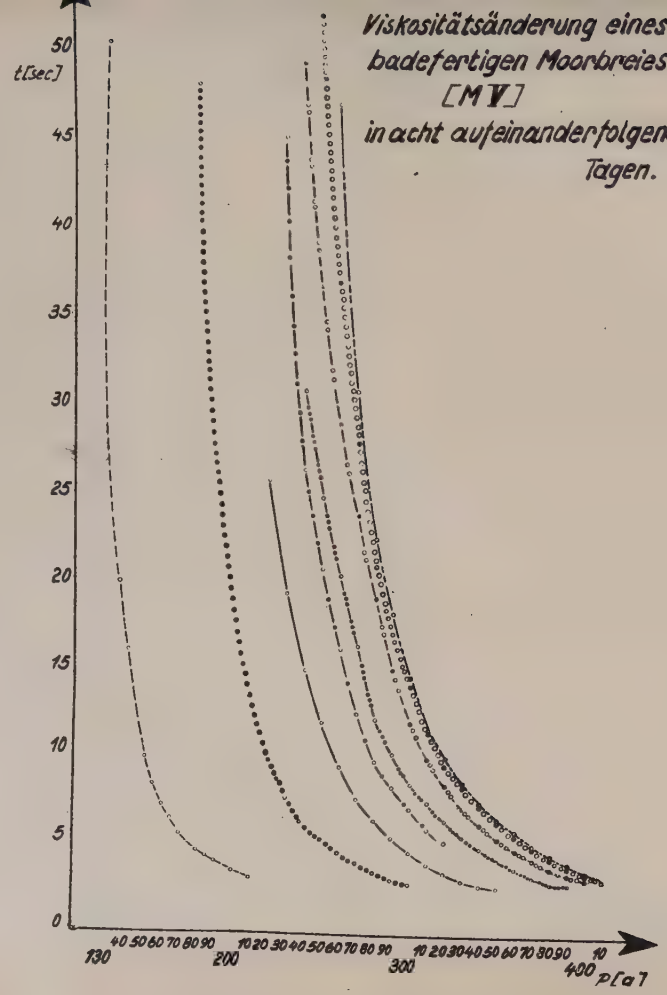
Temperatur M I 38,5° Cel.
Temperatur M II 41° Cel.
Temperatur M III 30° Cel.

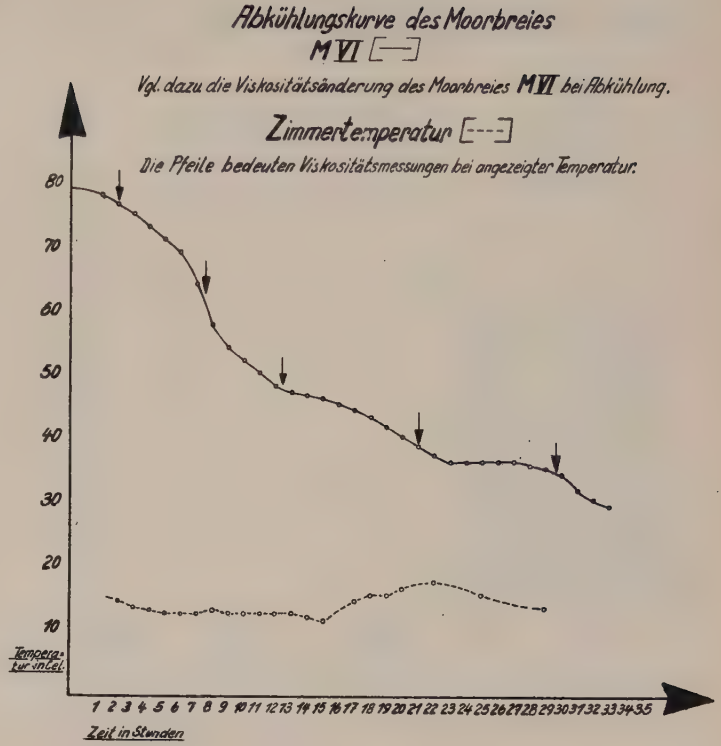
Gemessen von Horst Mehl im Staatsbad Elster März 1939



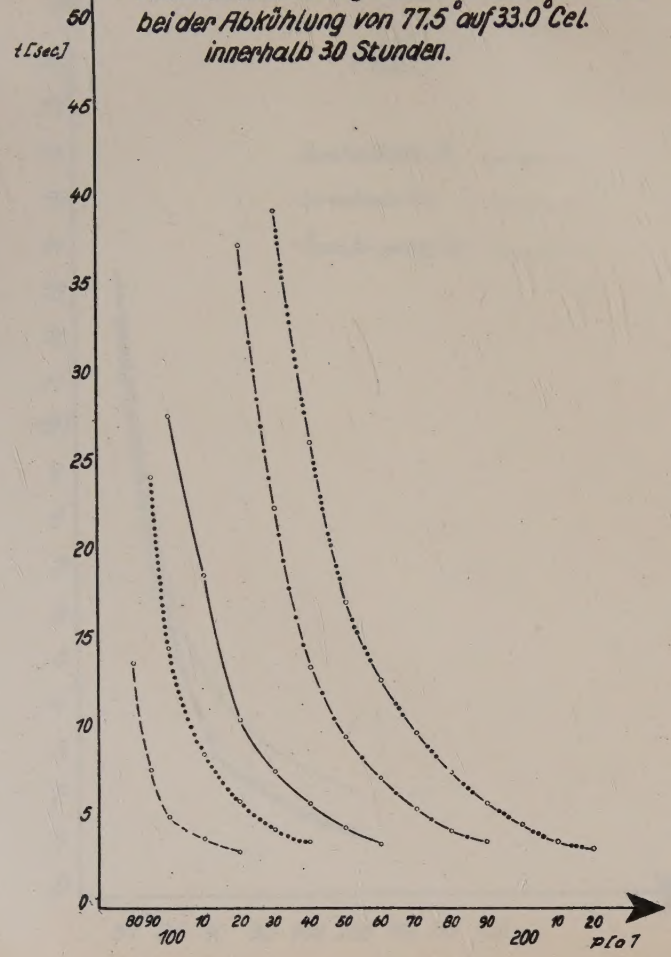
Viskositätsänderung eines badefertigen Moorbreies [M IV] in vier aufeinanderfolgenden Tagen.




Viskositätsänderung eines badefertigen Moorbreies [M V] in acht aufeinanderfolgenden Tagen.
t[sec]
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
130
200
300
400
p[at]


Abkühlungskurve des Moorbreies M VI [—]
Vgl. dazu die Viskositätsänderung des Moorbreies M VI bei Abkühlung.
Zimmertemperatur [---]
Die Pfeile bedeuten Viskositätsmessungen bei angezeigter Temperatur.
80
70
60
50
40
30
20
10
Temperatur in Cel.
Zeit in Stunden

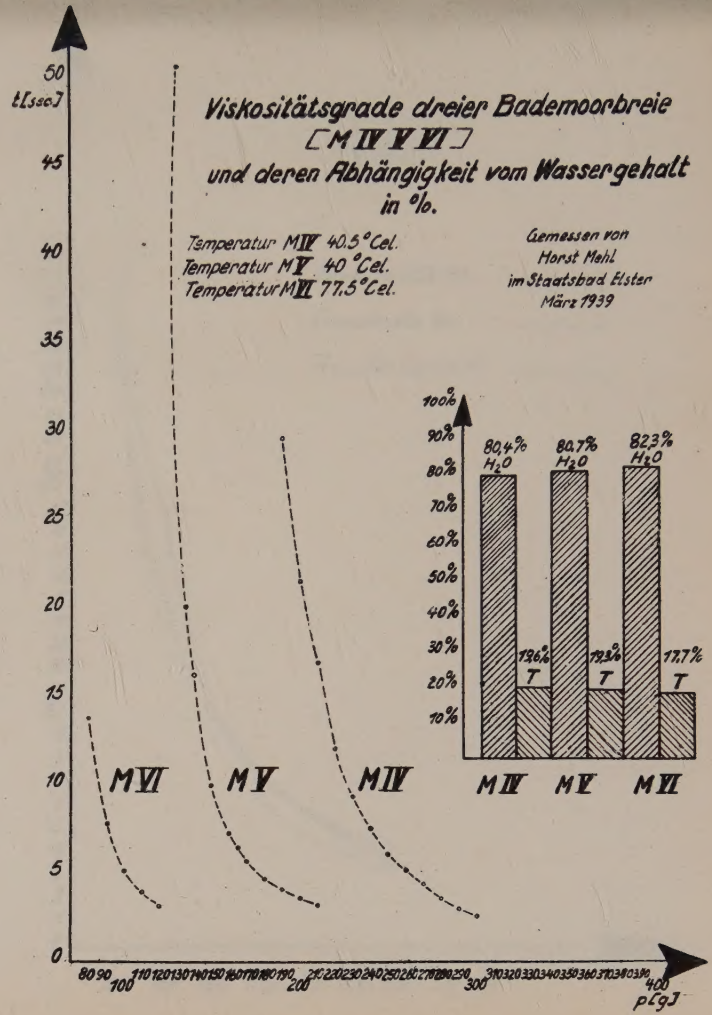
Viskositätsänderung eines Moorbreies [M VI] bei der Abkühlung von 77.5° auf 33.0° Cel. innerhalb 30 Stunden.

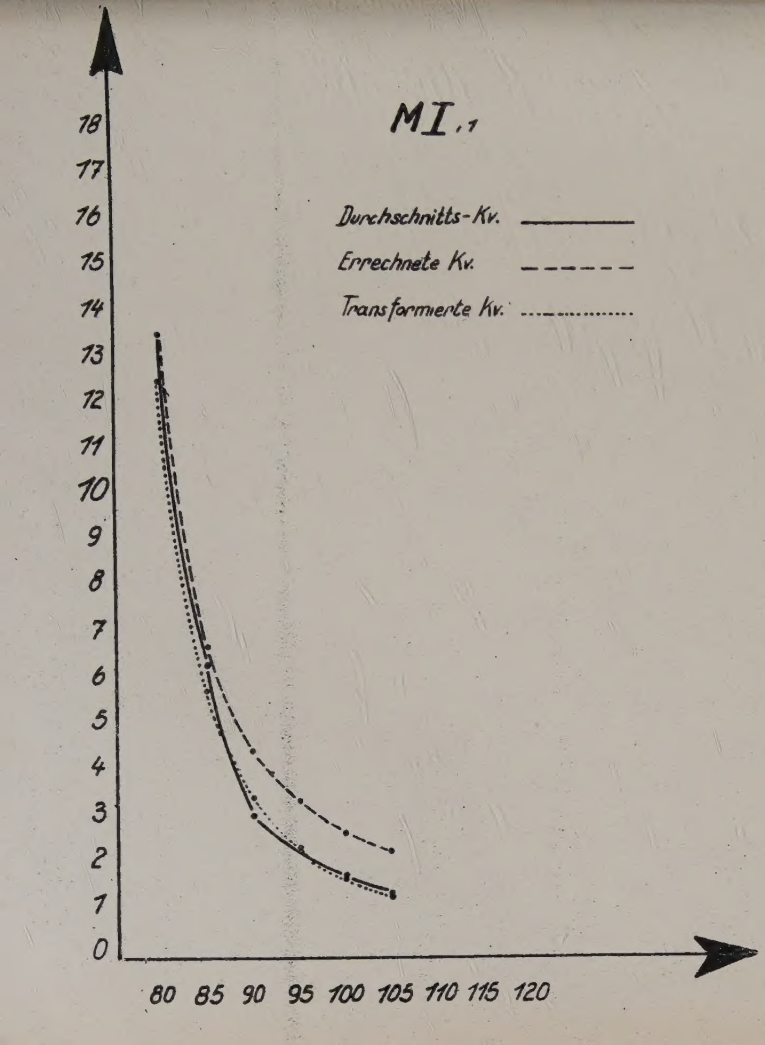


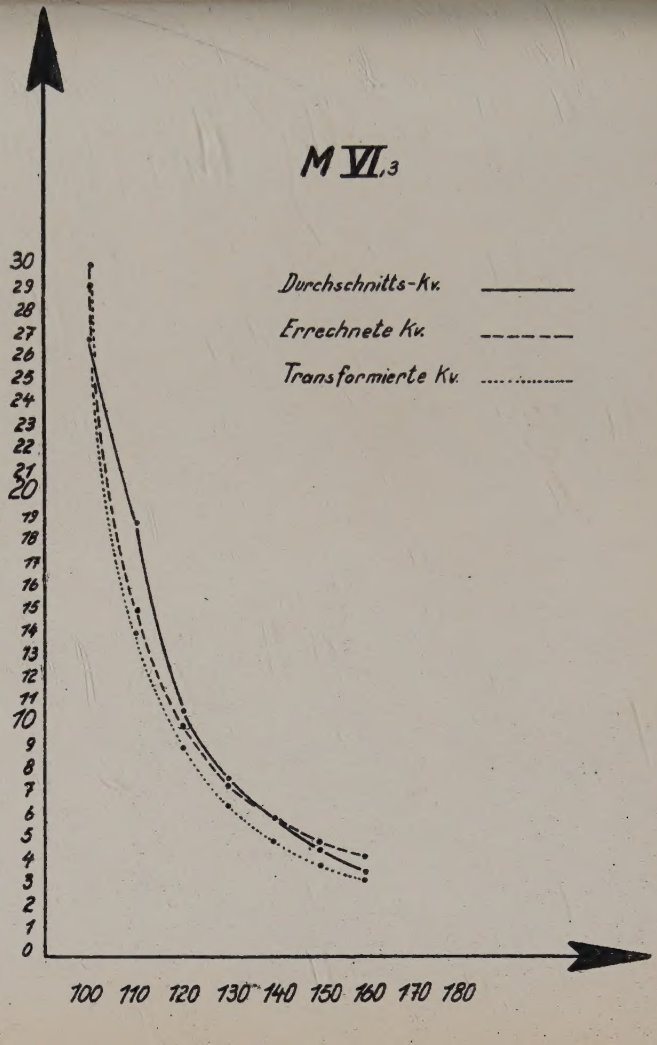
Viskositätsgrade dreier Bademoorbreie [M IV V VI] und deren Abhängigkeit vom Wassergehalt in %.

Temperatur M IV 40.5° Cel.
Temperatur M V 40 ° Cel.
Temperatur M VI 77.5° Cel.

Gemessen von Horst Mehl im Staatsbad Elster März 1939




MI,1
Durchschnitts-Kv.
Errechnete Kv.
Transformierte Kv.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
80 85 90 95 100 105 110 115 120


MVI,3
Durchschnitts-Kv.
Errechnete Kv.
Transformierte Kv.
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
100 110 120 130 140 150 160 170 180